VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

# Návrh průmyslového rozváděče

Design of supply cabinet

**Bc. Tomáš Zázvorka**

Diplomová práce

doc. Ing. Lukáš Prokop, Ph.D.

Ostrava, 2021

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

# Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Tomáš Zázvorka**

Studijní program: N0713A060003 Elektroenergetika

Téma: Návrh průmyslového rozváděče
Design of supply cabinet

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Teoretický úvod
2. Specifikace požadavků na technické řešení
3. Návrh rozváděče, výpočty parametrů
4. Zpracování dokumentace
5. Zpracování plánu zkoušek
6. Ekonomické vyhodnocení
7. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

[1] ČSN 33 2130 ed.3. Elektrické instalace nízkého napětí - Vnitřní elektrické rozvody. Praha. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2014
[2] FENCL, František. Elektrický rozvod a rozvodná zařízení. Vyd. 4. V Praze: České vysoké učení technické, 2009. ISBN 978-80-01-04351-6.
[3] ČSN EN 61439-1 ed.2. Rozváděče nízkého napětí - Část 1: Všeobecná ustanovení. Praha. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2012
[4] MERTLOVÁ, Jiřina a Lucie NOHÁČOVÁ. Elektrické stanice a vedení. V Plzni: Západočeská univerzita, Fakulta elektrotechnická, 2008. ISBN 978-80-7043-724-7.
[5] PNE 33 0000-2 ed.4. Stanovení základních charakteristik vnějších vlivů působících na rozvodná zařízení distribuční a přenosové soustavy. Praha. ÚJV Řež, a.s. 2010
[6] ČSN 33-2000-5-54 ed. 3. Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-54: Výběr a stavba elektrických zařízení - Uzemnění, ochranné vodiče a vodiče ochranného pospojování. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012
[7] ČSN EN 50173, ed. 3. Informační technologie - Univerzální kabelážní systémy - Část 1: Všeobecné požadavky. Praha. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2012

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Lukáš Prokop, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2020

Datum odevzdání: 30.04.2021

| | |
|---|---|
| prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.<br>*vedoucí katedry* | prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.<br>*děkan fakulty* |

# Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne: *29. dubna 2021*

# Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu práce doc. Ing. Lukášovi Prokopovi, Ph.D. za odbornou pomoc a cenné rady při tvorbě této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat firmě ELBARA s.r.o. za možnost podílet se na tomto projektu. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat mé rodině a přítelkyni za podporu během celého studia.

# Abstrakt:

Tato diplomová práce přináší návrh průmyslového rozváděče pro firmu Bivoj a.s. Práce se skládá z teoretické a praktické části. Teoretická část práce spadá do dvou kapitol, jsou jimi první a pátá kapitola. První se zabývá návrhem rozváděče a pátá zkoušením rozváděčů. Praktická část obsahuje popis zpracování dokumentace v programu Eplan a věnuje se návrhu rozváděče v programu AutoCAD. Obsahuje výpočet některých technických parametrů v programech Rittal Therm a Sichr. Poslední kapitola práce je věnována ekonomickému vyhodnocení projektu rozváděče. V závěru práce je shrnutí jak po technické, tak i finanční stránce.



# Klíčová slova:

Rozváděč, oteplení rozváděče NN, Rittal Therm, Sichr

# Abstract:

This diploma thesis will receive a design of an industrial switchboard for the company Bivoj a.s. The work consists of theoretical and practical part. The theoretical part of the work falls into two chapters, they are the first and fifth chapter. The first deals with the design of switchboards and the fifth with the testing of switchboards. The practical part contains a description of the processing of documentation in the program Eplan and it deals with the design of the switchboard in AutoCAD. It contains the calculation of some technical parameters in the Rittal Therm and Sichr programs. The last chapter is devoted to the economic evaluation of the switchboard project. At the end of the work there is a summary of both technical and financial aspects.



# Keywords:

Switchgear, low voltage switchgear heating, Rittal Therm, Sichr

# Seznam použitých symbolů a zkratek

| | | |
|---|---|---|
| $I$ | proud | (A) |
| $U$ | napětí | (V) |
| $Z$ | impedance | (Ω) |
| $f$ | frekvence | (Hz) |
| $S_P$ | průřez vodiče | ($mm^2$) |
| $t$ | teplota | (°C) |
| $T$ | čas | (s) |
| $T_V$ | vypínací čas | (s) |
| IP | stupeň krytí | (-) |
| $\varepsilon$ | emisivita | (-) |
| $A_e$ | efektivní plocha rozváděče | ($m^2$) |
| $d$ | délka | (mm) |
| $P_Z$ | ztrátové teplo | (W) |
| $\Delta\vartheta$ | oteplení | (K) |
| $c$ | koeficient rozložení teplot | (-) |
| $I_{NPOJ}$ | jmenovitý proud pojistkou | (A) |
| $I_N$ | jmenovitý proud | (A) |
| $I_C$ | zkratový proud | (A) |
| $I_{CW}$ | jmenovitý předpokládaný zkratový proud | (A) |
| $U_N$ | jmenovité napětí | (V) |
| $U_C$ | jmenovité pracovní napětí | (V) |
| $U_{IZOL}$ | jmenovité izolační napětí | (V) |
| $U_{IMP}$ | jmenovité impulzní výdržné napětí | (V) |

| | |
|---|---|
| NN | nízké napětí |
| VN | vysoké napětí |
| AC | střídavá síť |
| DC | stejnosměrná síť |
| DPH | daň z přidané hodnoty |
| PE | ochranné uzemnění |
| TRMS | skutečná efektivní hodnota |
| EB | elektro Bečov |

# Seznam ilustrací

# Seznam tabulek

**OBSAH**

# Úvod

V dnešní době je kladen čím dál tím větší důraz na bezpečnost, spolehlivost, ale i cenu instalovaného zařízení. Rozváděč je zpravidla instalován na začátku rozvodu instalace, kdy mu bývá předřazen elektroměr. Mnoho používaných rozváděčů neodpovídá dnešním normám, proto jsou nahrazovány modernějšími přístroji, systémy a bezpečnostními prvky (např. proudovými chrániči).

Dodávkám nových rozváděčů předchází realizace kupní smlouvy, která obsahuje podrobnou specifikaci požadavků na výrobu, kvalitu, cenu a dalších parametrů odběratele. Odběratel musí výrobci přesně definovat zadání pomocí technických údajů. Například pomocí výkresové dokumentace, případně slovního zadání. Pokud tyto požadavky a parametry nejsou úplné, přechází výrobce k platným technickým normám pro doplnění úplného zadání a k následné výrobě.

Návrh průmyslového rozváděče, kterým se zabývá tato diplomová práce, vychází z podkladů projektu dodaných ke zpracování, včetně platných norem a předpisů. Cílem práce je navrhnout elektro – softwarovou část systému linky pro distribuci přepravek a řídicích rozváděčů, včetně komunikace mezi nimi a optických snímačů. Je vytvořena obvodová dokumentace a montážní návrh. Část schématu ověřuji výpočtem a jedna ze skříní prochází kontrolou oteplení pomocí výpočtu v programu Rittal Therm.

V závěru práce je shrnut ekonomický pohled na celkovou cenu rozváděče a cenu vybraných jednotlivých komponentů.

# 1. Teoretický úvod

V této kapitole budou popsány základní pojmy, parametry, druhy rozváděčů, provozní podmínky a technické požadavky na instalované prvky rozváděčů. Konec této kapitoly pak poukazuje na pokyny pro přepravu, skladování, montáž, obsluhu a údržbu rozváděčů NN.

## 1.1. Základní pojmy

**Rozváděč** – jedná se o kombinaci jednoho nebo více spínacích přístrojů NN spolu s přidruženým řídicím, měřicím, signalizačním, ochranným, regulačním zařízením, za jehož plné sestavení je zodpovědný výrobce, včetně všech vnitřních elektrických spojů, mechanických vazeb a konstrukčních částí. [1] [2]

**Typově zkoušený rozváděč** – odpovídá stanovenému typu nebo sestavě bez odchylek od typového provedení, musí taktéž odpovídat normě. [1] [2]

**Částečně typově zkoušený rozváděč** – obsahuje typově zkoušené a nezkoušené uspořádání, za předpokladu, že typově nezkoušená uspořádaní jsou odvozena (např. výpočtem) od uspořádání typově zkoušených, která vyhověla příslušným zkouškám. [1] [2]

**Řídicí a pomocný obvod** – všechny vodivé části rozváděče zařazené do obvodu (jiného než hlavního), slouží pro ovládání, měření, signalizaci a regulaci. [1] [2]

**Hlavní obvod** – je určen pro přenos elektrické energie všemi vodivými částmi obvodu. [1] [2]

## 1.2. Základní parametry

**Jmenovité pracovní napětí $U_C$ (obvodu rozváděče)** – hodnota napětí obvodu rozváděče, která společně se jmenovitým proudem obvodu určuje jeho použití. [3]

**Jmenovité izolační napětí $U_i$** – hodnota výdržného napětí rozváděče, který charakterizují zkoušky izolace, povrchové cesty a vzdušné vzdálenosti. [3]

**Jmenovitý proud $I_N$** – proud stanovený výrobcem rozváděčů. Při jeho stanovení je třeba vzít v úvahu jmenovité hodnoty jejich součástí zařazených do daného obvodu, uspořádání a použití obvodu. Tento proud nesmí při oteplení překročit stanovené meze. [3]

**Jmenovitý předpokládaný zkratový proud $I_{CW}$** – efektivní hodnota předpokládaného zkratového proudu, který musí hlavní obvod rozváděče vydržet po určitou dobu dle zadaných zkušebních podmínek. [3]

**Zkratový proud $I_C$** – jedná se o nadproud, který vznikl v důsledku poruchy nebo nesprávného zapojení v elektrickém obvodu. [3]

**Jmenovitý kmitočet $f_N$** – hodnota kmitočtu, která rozváděč charakterizuje a na kterou se vztahují ostatní jmenovité hodnoty a pracovní podmínky. [3]

## 1.3. Druhy rozváděčů

**Rozváděče dělíme podle: [4]**

### a) Vnější konstrukce:

- **Panelové –** rozváděč, který má krytou pouze čelní část (IP20), boky a zadní část není kryta (IP00)
- **Nekryté –** skládají se z pevné konstrukce, která nese elektrické zařízení, ale živé části jsou přístupné dotyku (IP00)
- **Kryté –** rozváděč je krytý ze všech stran (minimální krytí IP20)

    - **Skříňové –** nejčastější z typů; obvykle bývá volně stojící
    - **Pultové –** obsahují montážní panel, který může být ve svislé, šikmé nebo vodorovné poloze a je osazen např. signalizačními, ovládacími, měřícími prvky
    - **Skříňové stavebnicové –** tvořené ze sestavy několika mechanicky spojených skříní
    - **Zapouzdřené**
    - **Přípojnicový rozvod**
    - **Rozvodnice (skříňky) -** obvykle určené pro montáž na stěnu nebo k zapuštění do stěny, mohou tvořit část zapouzdřeného rozváděče či samostatný rozváděč
        - nástěnné s dveřmi
        - nástěnné bez dveří
        - zapuštěné s dveřmi
        - zapuštěné bez dveří
        - volně stojící (stojanové)

### b) Místa instalace

- pro vnitřní instalaci
- pro venkovní instalaci

### c) Způsobu montáže

- stabilní (nepřenosné)
- mobilní (přenosné)

### d) Krytí rozváděče (IP)

**e) Druhu krytu**

- kovové
- plechové
- litinové
- hliníkové

**f) Způsobu provedení přívodů a vývodů**

- vrchem
- spodem

**g) Účelu a použití**

- průmyslové rozváděče
- elektroměrové rozváděče
- bytové rozvodnice
- elektrorozvodná jádra
- přípojkové, rozpojovací a jistící skříně
- staveništní
- přístrojové a elektroměrové desky
- rozváděče pro občanskou výstavbu

**h) Způsobu ochrany před úrazem elektrickým proudem**

## 1.4. Provozní podmínky rozváděče

### Volba rozváděče podle druhu prostředí

Volbu vhodného rozváděče nám stanoví podmínky okolního prostředí na místě instalace např. teplota prostředí, vlhkost, přítomnost kapalin, mechanické nárazy, znečištění atd. Snažíme se o umístění primárně do základního prostředí, případně je chránit před nepřiznivými vlivy. Rozváděče, které splňují soubor norem ČSN EN 61439 ed.2 [2] jsou určeny pro provoz za normálních provozních podmínek. Každá tato podmínka splňuje typickou hodnotu nebo jsou zvoleny alternativy, kde uživatel specifikuje své potřeby. [2]

Při zvláštních nebo náročnějších provozních podmínkách je nutné, aby uživatel o takových skutečnostech informoval výrobce. Hlavní specifikací může být, zda se jedná o prostředí aktivní (studené, horké, vlhké, mokré...), pasivní (nebezpečí požáru) nebo prostředí složité (venkovní, pod přístřeškem). Volba venkovního nebo vnitřního umístění mění hlavně požadavky na vniknutí cizích těles a vody.

Uživatel může specifikovat i další požadavky, jako je ochrana proti mechanickým nárazům dle normy ČSN EN 50102 [5], odolnost proti UV záření nebo odolnost vůči korozi. [6]

## Teplota okolního prostředí

**Vnitřní instalace**

- teplota vzduchu okolí nepřesahuje +40 °C
- po dobu měření 24 h průměrná teplota nepřesahuje +35 °C
- spodní hranice teploty okolního vzduchu je -5 °C

**Venkovní instalace**

- teplota vzduchu okolí nepřesahuje +40 °C
- po dobu měření 24 h průměrná teplota nepřesahuje +35 °C
- spodní hranice teploty okolního vzduchu je -25 °C (mírné klima) [6]

## Maximální relativní vlhkost

**Vnitřní instalace:**

- Maximální mezní hodnota vlhkosti pro čerstvý vzduch je 50 % při teplotě 40 °C
- Při nižších teplotách může být relativní vlhkost vyšší (mírná kondenzace)

**Venkovní instalace:**

- Maximální mezní hodnota vlhkosti pro čerstvý vzduch je 100 % při teplotě 40 °C [6]

## Stupeň krytí

U definice stupně krytí se řídíme dle normy ČSN EN 60529. [7] Stupně krytí označujeme písmeny IP a dvěma číslicemi, kdy první číslice označuje ochranu proti dotyku a vniknutí cizích pevných těles a druhá stupeň ochrany proti vniknutí vody viz tabulka 1 a 2. [8]

*Tab. 1 - Stupně ochrany před vniknutím cizích pevných těles [2], [8]*

| Stupeň ochrany před vniknutím cizích pevných těles | | |
|---|---|---|
| **První číslice** | **Krátký popis** | **Definice** |
| **0** | Nechráněno. | |
| **1** | Chráněno před vniknutím cizích pevných těles o průměru 50 mm a větším. | Sonda vniku, koule o průměru 50 mm, nesmí úplně otvorem vniknout. |
| **2** | Chráněno před vniknutím cizích pevných těles o průměru 12,5 mm a větším. | Sonda vniku, koule o průměru 12,5 mm, nesmí úplně otvorem vniknout. |
| **3** | Chráněno před vniknutím cizích pevných těles o průměru 2,5 mm a větším. | Sonda vniku o průměru 2,5 mm nesmí vůbec vniknout. |
| **4** | Chráněno před vniknutím cizích pevných těles o průměru 1,0 mm a větším. | Sonda vniku o průměru 1,0 mm nesmí vůbec vniknout. |
| **5** | Chráněno před prachem. | Vniknutí prachu není úplně zabráněno, avšak prach nesmí vniknout v takovém množství, které by zhoršovalo správnou funkci zařízení nebo zhoršovalo jeho bezpečnost. |
| **6** | Prachotěsné. | Žádný prach nesmí vniknout. |

*Tab. 2 - Stupně ochrany proti vniknutí vody [2], [8]*

| Stupeň ochrany proti vniknutí vody | | |
|---|---|---|
| **První číslice** | **Krátký popis** | **Definice** |
| **0** | Nechráněno. | |
| **1** | Chráněno proti svisle padajícím vodním kapkám. | Svisle padající kapky nesmí způsobit žádné škodlivé účinky. |
| **2** | Chráněno proti svisle padajícím vodním kapkám při náklonu krytu maximálně 15°. | Svisle padající kapky nesmí způsobit žádné škodlivé účinky, jestliže je kryt nakloněn až o 15° na kteroukoliv stranu od svislice. |
| **3** | Chráněno proti kropení vodou (deštěm). | Voda rozstřikovaná pod úhlem až do 60° nesmí způsobit žádné škodlivé účinky. |
| **4** | Chráněno proti stříkající vodě | Voda stříkající z jakéhokoliv směru nesmí způsobit žádné škodlivé účinky. |
| **5** | Chráněno proti tryskající vodě. | Voda tryskající z trysek z libovolného směru proti krytu nesmí způsobit žádné škodlivé účinky. |
| **6** | Chráněno proti intenzivně tryskající vodě. | Voda intenzivně tryskající z trysek z libovolného směru proti krytu nesmí způsobit žádné škodlivé účinky. |
| **7** | Chráněno proti účinkům dočasného ponoření do vody. | Při stanoveném tlaku a čase nesmí množství vody vniklé do zařízení způsobit při jeho dočasném ponoření škodlivé účinky. |
| **8** | Chráněno proti účinkům trvalého ponoření do vody. | Za podmínek dohodnutých mezi výrobcem a odběratelem, které však musí být přísnější než podmínky stanovené pro charakteristickou číslici 7, nesmí množství vody vniklé do zařízení způsobit při jeho trvalém ponoření škodlivé účinky. |
| **9** | Chráněno proti tryskající vysokotlaké horké vodě. | Voda o vysokém tlaku a vysoké teplotě tryskající z libovolného směru proti krytu nesmí způsobit žádné škodlivé účinky. |

## Stupeň znečištění

Pro specifikaci s ohledem na prostředí, kde bude rozváděč instalován, používáme tzv. stupně znečištění prostředí. Jde o posouzení vzdušných vzdáleností a povrchových cest s ohledem na znečištění prostředí pro volbu vhodných součástí a přístrojů do návrhu skříně. Dělíme je do čtyř stupňů náročnosti. [2], [6]

- **Stupeň 1:** *„Nevyskytuje se žádné znečištění, nebo pouze suché nevodivé znečištění, znečištění bez vlivu.“* [2]
- **Stupeň 2:** *„Vyskytuje se pouze nevodivé znečištění. Příležitostně je však nutno počítat s dočasnou vodivostí způsobenou kondenzací.“* [2]
- **Stupeň 3:** *„Vyskytuje se vodivé znečištění nebo suché nevodivé znečištění, které se může stát vodivým vlivem kondenzace.“* [2]
- **Stupeň 4:** *„Způsobuje trvalou vodivost, způsobenou např. vodivým prachem, deštěm nebo sněhem.“* [2]

## 1.5. Technické požadavky vodičů

### 1.5.1. Značení a barvy vodičů

Značení barvou provádíme na viditelném konci vodiče nebo u připojovacích bodů, hlavně u holých vodičů. Snažíme se ale přednostně používat vodiče s barevnou izolací. Pokud to není možné, označíme konce barevnými značkami (markery). Typickými povolenými barvami vodičů jsou u izolovaných vodičů AC (černá, hnědá šedá), u DC (červená, bílá nebo tmavě modrá) u ochranných vodičů PE (žluto – zelená) a u nulových vodičů (světle modrá). Dle platné normy ČSN 33 0165 ed.2. [9], [10]

### 1.5.2. Dimenzování vodičů

Dimenzování vodičů se řídí normou ČSN 33 2000-5-52. [11] V této kapitole je popsána jen část parametrů, na které se podrobněji zaměřuji.

#### Oteplení

Důležitým parametrem vodiče je jeho životnost, v souvislostí s ní je ale i stanovena dovolená provozní teplota. Provozní teplota je závislá na druhu uložení vodičů, prostředí a proudovém zatížení. Míra oteplení vodiče závisí na velikosti procházejícího proudu vodičem a typem izolační látky bránící přechodu tepla do okolí (tepelný odpor T). Výrobce vodičů udává jmenovitou proudovou zatížitelnost v katalogu s ohledem na uložení vodiče. [11], [12]

**Ztrátový výkon:**

$$\boldsymbol{P = R \cdot I^2 = \frac{\Delta\vartheta m}{T}}$$

**Maximální dovolené oteplení vodiče:**

$$\boldsymbol{\Delta\vartheta m = \vartheta_m - \vartheta_0}$$

**Celkový tepelný odpor:**

$$\boldsymbol{T_C = T_1 + T_2 + T_3}$$

**Maximální proud, kterým může být vodič zatěžován:**

$$\boldsymbol{I = \sqrt{\frac{\Delta\vartheta m}{R \cdot T}}}$$

**Kde:**

| | | |
|---|---|---|
| $P$ | (W) | *ztrátový výkon* |
| $R$ | (Ω) | *odpor vodiče* |
| $I$ | (A) | *proud tekoucí vodičem* |
| $\Delta\vartheta m$ | (°C) | *maximální dovolené oteplení vodiče* |
| $\vartheta_m$ | (°C) | *nejvyšší dovolená provozní teplota vodiče* |
| $\vartheta_0$ | (°C) | *teplota okolí* |
| $T_C$ | (Ω) | *celkový tepelný odpor* |
| $T_{1\text{-}3}$ | (Ω) | *tepelný odpor jádra vodiče a jeho obalu, všech obalů kabelu a okolního prostředí* |

## Dovolené proudové zatížení

Dovolené proudové zatížení vodiče vychází ze způsobu uložení a konkrétních podmínek. Určuje se z jmenovité proudové zatížitelnosti a činitelů (k), které respektují odlišnosti vlastností uložení. Součinem těchto přepočtených činitelů dojdeme k dovolenému proudu $I_{DOV}$. K němu pak dopočteme výpočtový proud $I_V$ z výkonu a napětí a zvolíme vhodný průřez vodiče dle katalogové tabulky výrobce. [11], [12]

$$I_V \leq I_{DOV} \leq I_N$$

**Výpočtový proud pro volbu průřezu v 3f síti:**

$$I_V = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot cos\varphi}$$

**Kde:**

| | | |
|---|---|---|
| $I_V$ | (A) | *výpočtový proud* |
| $I_N$ | (A) | *jmenovitý proud* |
| $I_{DOV}$ | (A) | *dovolený proud* |
| $P$ | (W) | *výkon* |
| $U$ | (V) | *napětí* |
| $cos\varphi$ | (-) | *účiník* |

## Úbytek napětí

V každé síti, jak už NN nebo VN, dochází k úbytkům napětí. Dovolený úbytek napětí u sítí NN je ±10 %. Pro venkovní osvětlení, bytové rozvody a průmyslové spotřebiče jsou úbytky stanovené normou. Pokud je úbytek napětí větší než dovolený, je nutné zvolit vodič s větším průřezem s ohledem na hospodárnost. [11], [12]

**Úbytek napětí:**

$$\Delta \boldsymbol{U} = \boldsymbol{R_V} \cdot \boldsymbol{I}$$

$$\boldsymbol{R_V} = \boldsymbol{\rho} \cdot \frac{\boldsymbol{l}}{\boldsymbol{S}}$$

**Procentní úbytek napětí:**

$$\Delta \boldsymbol{u}_{\%} = \frac{\Delta \boldsymbol{U}}{\boldsymbol{U}} \cdot \mathbf{100}$$

**Pokud je vedení dobře navrženo:**

$$\Delta \boldsymbol{u}_{\%} \leq \Delta \boldsymbol{u_{DOV}}$$

**Kde:**

| | | |
|---|---|---|
| $\boldsymbol{R_V}$ | (Ω) | *odpor vedení* |
| $\boldsymbol{\rho}$ | (Ω·mm$^2$·m) | *rezistivita* |
| $\boldsymbol{l}$ | (m) | *délka vodiče* |
| $\boldsymbol{S}$ | (mm$^2$) | *průřez vodiče* |
| $\boldsymbol{I}$ | (A) | *proud tekoucí vodičem* |
| $\boldsymbol{\Delta U}$ | (V) | *úbytek napětí* |
| $\boldsymbol{\Delta u_{DOV}}$ | (%) | *dovolený úbytek napětí* |

### 1.5.3. Dimenzovaní ochranných vodičů

U dimenzování ochranných vodičů se řídíme normou ČSN EN 33 200-5-54 ed. 3. [13] Požadavky na tyto vodiče jsou následující, musí být schopné vydržet tepelné a mechanické namáhání způsobené předpokládaným zkratovým proudem po dobu vybavení ochranného přístroje. Minimální průřez ochranných vodičů nesmí být menší, než udává IEC 60949 [14] nebo pokud ho neověříme výpočtem, který je možno použít za předpokladu, že doba odpojení nepřesáhne dobu 5 s. Pokud po výpočtu dojdeme k nenormalizovanému průřezu, vždy automaticky volíme průřez vyšší. [15]

**Výpočet průřezu s ohledem na tepelné namáhaní způsobené krátkodobými proudy:**

$$S_P = \sqrt{\frac{I^2 t}{k}}$$

**Kde:**

| | | |
|---|---|---|
| $S_P$ | (mm$^2$) | *průřez vodiče* |
| $I$ | (A) | *efektivní hodnota střídavého poruchového proudu* |
| $T$ | (s) | *doba vypnutí jistícího zařízení* |
| $k$ | (-) | *součinitel závisící na materiálu ochranného vodiče* |

*Je nutno zohlednit efekt impedance omezující proud proudového obvodu a vlastnosti jistícího zařízení omezující proud ($I^2t$).* [16, s. 68]

#### Průřez vodiče N

Dimenzování nulového vodiče nebo PEN vodiče, který plní nulovou funkci, musí uživatel odsouhlasit s výrobcem rozváděčů vzhledem k očekávanému zatížení. Pokud uživatel nespecifikuje zadání, je výrobce povinen použít zásady pro minimální průřez popsaný v normě IEC 61 439-1/ČSN EN 61 439-1 [2], kapitola 8.6.1. V obvodech, kde průřez vnějšího fázového vodiče je menší než 16 mm$^2$, je nutné použít nulový vodič se stejným průřezem. Při použití fázového vodiče s průřezem nad 16 mm$^2$ lze použít nulový vodič s polovičním průřezem za předpokladu, že proud nulového vodiče dosahuje maximálně 50 % proudu vodiče fázového.

## 1.6. Jistící a ochranné prvky obvodu

Jištění používáme ve snaze zabránit škodám, poškození zařízení nebo ohrožení lidí. Ty mohou vzniknout vlivem účinků nadproudů. Ty dělíme především na zkraty a přetížení. Zkrat může vzniknout např. náhodným či úmyslným spojením vodičů. Při zkratu dokážou místem protékat proudy 5-10 × větší než jmenovitý proud. U nadproudů bývají tyto hodnoty nižší maximálně do 8násobku jmenovitého proudu, a to za předpokladu, že rozbíháme např. asynchronní motor o velkém výkonu.

Jistící prvky umisťujeme do obvodu především na začátek vedení, při změně průřezu na začátek odbočky. Tím chráníme nejen zařízení v provozu, ale i přívodní vedení před přetížením a zkratem. [17]

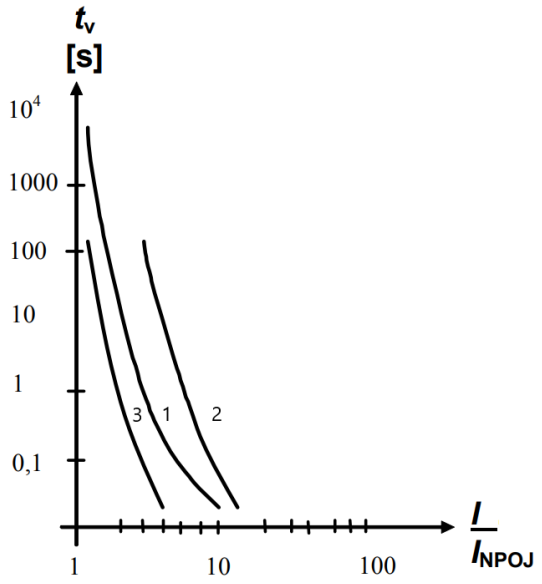
### Pojistka

Jedná se o jistící prvek, který slouží jako nadproudová ochrana a dokáže vypínat i velké zkraty. Reaguje jak proti přetížení, tak i zkratu. Tvoří nejslabší část obvodu. Vypínací čas pojistky je v řádu milisekund. Nevýhodou je, že při krátkodobém nebo malém zatížení je jejich citlivost velmi malá a vypínací čas může dosahovat i několika desítek minut. Druhou nevýhodou je jejich jednorázové použití. Proto se nejčastěji řadí sériově za pojistku do obvodu i jistič, který chrání obvod před přetížením. Výhodou pojistek je spolehlivost, časově neměnné parametry a nízká cena. [18]

**Nejčastější typy pojistek:**

1. **gG** jištění vedení a světelných obvodů (proti zkratu a přetížení)
2. **aM** jištění asynchronních motorů, stykačů (pomalé pojistky – pouze proti zkratu)
3. **aR** jištění polovodičových součástí (rychlá vypínací charakteristika)

**Vypínací charakteristika výkonových pojistek:**




*Obr. 1 - Ampérsekundové charakteristiky výkonových pojistek [17]*

**Kde:**

| | | |
|---|---|---|
| $T_V$ | (s) | *vypínací čas* |
| $I$ | (A) | *proud tekoucí pojistkou* |
| $I_{NPOJ}$ | (A) | *jmenovitý proud pojistky* |

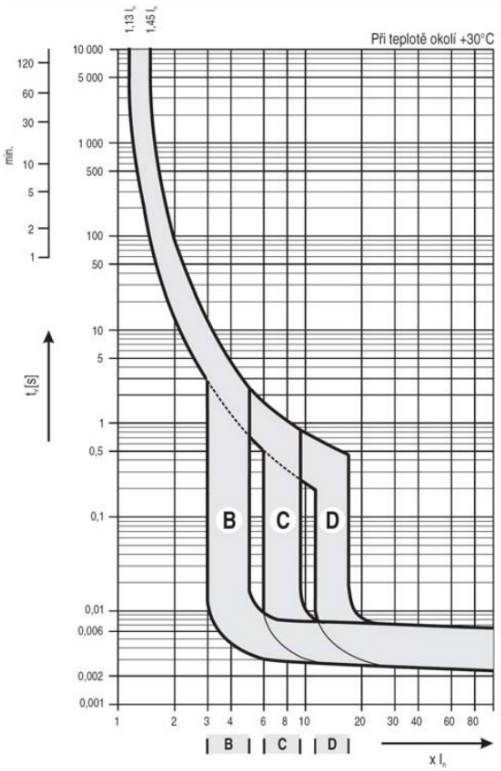
## Jistič

Další z přístrojů, který slouží jako jistící prvek. Jeho rychlost vypínání zkratových proudů oproti pojistkám je mnohem pomalejší, ale dokáže rychle reagovat na malé přetížení. Obvyklé vybavení jističů je nadproudová a zkratová spoušť. Výhodou je opakovaná možnost použití po jeho vybavení. Základní provedení jističů je od jednofázového až po čtyřfázové (3fáze+N). [17]

**Charakteristiky jističů + rozsahy okamžitého vypnutí**

| | | |
|---|---|---|
| **B** | **($3 \div 5 I_N$)** | domovní instalace, málo přetěžovaná vedení s nízkými zkratovými proudy |
| **C** | **($5 \div 10 I_N$)** | motorické instalace, žárovky, pece (velký rázový proud) |
| **D** | **($10 \div 20 I_N$)** | transformátory, obvody s kapacitou, magnetické ventily |

**Vypínací ampérsekundová charakteristika jističů**




*Obr. 2 - Vypínací ampérsekundová charakteristika jističů B, C, D [17]*

## Nadproudová relé

Jedná se o přístroje, které jsou vybaveny nadproudovou spouští, které sice nerozpojují silový obvod, ale rozpínají pomocné kontakty přístroje. Většinou je nalezneme v součinnosti se stykači, které dokážou vypnout nadproud. Nejčastější použití je jištění asynchronních motorů, kdy před stykačem bývají zařazeny ještě pojistky. [17]

## Proudové chrániče

Proudový chránič se používá jako ochranný prvek, chrání především obvod a uživatele před účinky unikajícího rozdílového proudu (reziduální proud) nejčastěji PE vodičem. Jedná se v podstatě o citlivý transformátor s vybavovacím mechanismem. Pracovní vodiče procházejí magnetickým obvodem chrániče. Za normálního provozu se v sekundárním vinutí neindukuje napětí a proud teče jen pracovními vodiči tzn. součet proudů je roven nule. Pokud dojde k situaci, že fázový vodič spojíme se zemí nebo dojde ke spojení nulového a ochranného vodiče, bude proud tekoucí do zařízení vyšší než proud vystupující. Dojde k vybavení chrániče s následným odpojením obvodu od napájení vlivem reakce vybavovacího relé. Reziduální proud chrániče je 30 mA. Sám dokáže vybavit i tak malé proudy, které protékají lidským tělem při dotyku živých částí, a tak zabránit ohrožení na životě. [17]

Chrániče nelze použít v sítích TN-C, jelikož vodič PEN nesmí procházet magnetickým polem chrániče. Dále magnetickým polem chrániče nesmí procházet ani ochranný vodič PE. Samostatný chránič nechrání obvod před nadproudy a zkraty, je třeba ho doplnit o pojistky nebo jističe. Pracovní vodiče včetně N jsou při vybavení odpojeny. [17]

## 1.7. Chlazení rozváděčů

Klasickou úlohou projektanta je řešení problému odvodu tepla z rozváděče. Ten tvoří množství elektrických prvků, které, pokud jsou v provozu, přeměňují část elektrické energie na ztrátové teplo. Množství ztrátového tepla závisí hlavně na velikosti a typu elektrického zařízení. Rozváděč si můžeme představit jako uzavřený prostor s vnitřním zdrojem tepla, který je umístěn do prostředí o určité teplotě. Nás tedy bude zajímat teplotní rozdíl těchto prostředí k dostatečnému odvodu tepla ze skříně rozváděče do okolního prostoru. V některých případech může být teplota uvnitř rozváděče tak vysoká, že by mohlo dojít k poškození funkčnosti instalovaného zařízení. Cílem je tedy zajistit odvod ztrátového tepla na požadovanou úroveň, která je dána technickou specifikací jednotlivých elektrických komponentů. [19] [20]

### 1.7.1. Způsoby chlazení rozváděčů

#### Pasivní chlazení

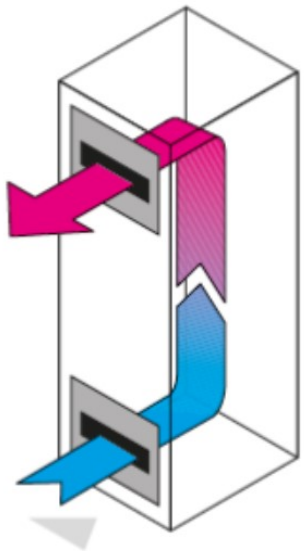
Používáme u rozváděčů, kde není nutné vzhledem k vnitřní tepelné zátěži chladit aktivními prvky a k odvodu tepla dochází sdílením mezi stěnami rozváděče a okolním prostředím. Většího odvodu tepla docílíme zvětšením otvorů ve spodní a zároveň horní části rozváděče (komínový efekt).

#### Aktivní chlazení

Chlazení v případě vetší tepelné zátěže, kterou není rozváděč sám schopný uchladit. Volí se aktivní prvky chlazení, při možnosti využití okolního vzduchu je vhodné použít např. ventilátor či výměníky tepla (vzduch/vzduch). Za předpokladu, že předešlou možnost nelze využít, volíme chlazení na nižší okolní teplotu např. pomocí chladících jednotek či výměníků (voda/vzduch). Oba tyto typy lze účinně regulovat.

##### Chlazení pomocí ventilátorů

Jedno z nejčastějších chlazení skříně za použití ventilátoru, který vhání vzduch z okolí přes filtrační mřížku prostorem rozváděče a odebírá ztrátové teplo přístrojů. Teplý vzduch je vyfukován přes výfukovou mřížku do okolí. Nejmenší rozdíl teplot mezi vnitřním a vnějším prostorem nesmí překročit 5 °C, jinak je tento způsob chlazení nedostačující a je třeba ho zaměnit za jinou variantu. Nevýhodou může být nasávání prachových částic z okolního prostředí a častější údržba filtrů. Výhodou je široké spektrum využití v průmyslových rozváděčích, kde jsou ventilátory nabízeny v různých napěťových hladinách a výkonech. Současné výrobky disponují krytím IP54 a IP55 (jemnější filtr). [20]

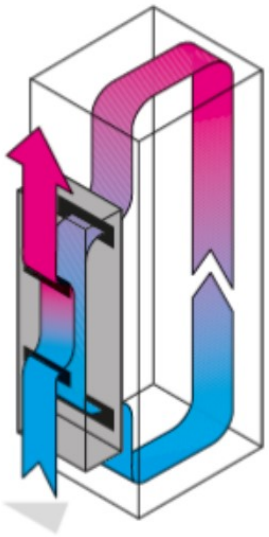


*Obr. 3 - Znázornění principu chlazení nucené ventilace [20]*

## Chlazení pomocí výměníků tepla – vzduch/vzduch

Výměníky tepla vzduch/vzduch využívají k chlazení okolní vzduch s tím rozdílem oproti ventilátorům, že k ochlazení dochází uvnitř rozváděče přes teplosměnnou plochu. Hlavní výhodou je, že nedochází k nasávání okolního vzduchu přímo do rozváděče. Používá se ve snaze zabránit pronikání prachu a ostatních nečistot rozptýlených ve vzduchu do elektrického rozváděče především v prašných průmyslových provozech.

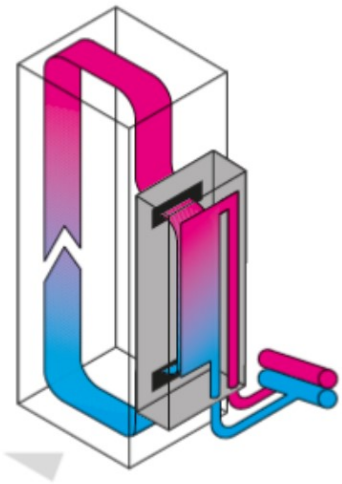
Provoz výměníků je řízen termostatem, který má možnost hlásit poruchu. Výkon je závislý především na rozdílu vnitřní a vnější teploty. Teplota okolního vzduchu musí být nižší než teplota vně rozváděče. [20]



*Obr. 4 - Znázornění principu chlazení pomocí výměníků tepla (vzduch/vzduch) [20]*

### Chlazení pomocí výměníků tepla – voda/vzduch

Jedná se o další chladící variantu, která poskytuje větší chladící výkon než předchozí varianta vzduch/vzduch. Nevýhodou je drahé a náročné vodohospodářství, které je nutné ošetřit proti zamrzání v zimních měsících. Výhodou je ale bezesporu vysoká účinnost, proto se nejčastěji vyskytuje v hutních provozech. Chladící výkon je závislý na množství vody protékající přes chladící část skříně. Systém umožňuje relativně malou údržbu, a to díky vysokému krytí rozváděče. [20]



*Obr. 5 - Znázornění principu chlazení pomocí výměníků tepla (voda/vzduch) [20]*

## 1.8. Značení skříní

K zajištění bezpečného provozu musí být jednotlivé části a prvky rozváděče trvale a čitelně označeny vzhledem k podmínkám, do kterých je rozváděč určen. Veškeré označení (přístrojů, přepínačů, kontrolek, svorkovnic, vodičů atd.) musí být v souladu s příslušnou projektovou dokumentací.

### Výrobní štítek rozváděče

Každý nově vyrobený rozváděč musí být viditelně označen trvanlivým, dobře viditelným a čitelným výrobním štítkem, na kterém je uveden název a výrobní číslo rozváděče, jméno a adresa firmy, charakter sítě, kmitočet, proud, jmenovité napětí a krytí rozváděče. Dále musí být rozváděč označen výstražným značením dle IEC 60417-5036.

## 1.9. Pokyny pro přepravu, skladování, montáž, obsluhu a údržbu

Výrobce deklaruje buď v průvodní dokumentaci nebo katalogu podmínky pro přepravu, skladování, provoz a údržbu rozváděče. Dodržení těchto podmínek je nezbytné pro správnou funkci výrobku.

### Přeprava a kontrola dodávky

Rozváděče se dodávají v tzv. přepravních jednotkách, kdy je každá jednotka osazená veškerými přístroji a zapojená mezi přívodní a odvodní svorkovnice. Je možné eventuální dosazení přístrojů na místě odběratele, pokud tyto přístroje nebyly odběratelem nebo výrobcem včas dodány. Dále přístroje, které se mohou dopravou poškodit, je taktéž možné osadit až na místě. Průběžné přípojnice mezi jednotkami se rozdělují, aby bylo možné větší sestavy dovézt. Je ale nutné demontované části řádně označit a dopravit je s ostatními částmi rozváděče.

Po převzetí je nutné zkontrolovat počty přepravních jednotek dle dodacího listu a případné poškození způsobené dopravou. Každý rozváděč bývá opatřen ochrannými prostředky, jakými mohou být plastové rohy, kartón a zpravidla bývá zabalen do plastové folie. Při zjištění poškození vzniklého dopravou se zpracovává neodkladně zápis o škodě, který musí dopravce potvrdit. [3]

### Manipulace

Manipulace musí být opatrná, bez větších otřesů, s vyloučením rizika pádu. Některé skříně bývají dle požadavků opatřeny závěsnými oky. Pokud tuto možnost nelze využít, používá se pro přesun paletizační nebo vysokozdvižný vozík. [3]

### Skladování

Rozváděče musí být skladovány v suchých bezprašných prostorách bez hrozícího náhodného mechanického poškození. Teplota a vlhkost musí být v závislosti na provedení rozváděče a je nepřípustné skladovat rozváděče v stavebně nedokončených a nevysušených prostorech nebo na volném prostranství. [3]

### Montáž a uvedení do provozu

Před montáží vyrobeného a dopraveného rozváděče na místo určení je nutné, aby na místě byly dokončeny stavební práce (případně včetně kabelového kanálu pod rozváděčem), provedena konečná povrchová úprava stěn a stropů a nainstalovány veškeré přívodní a odvodní kabely.

Rozváděč je umístěn tak, aby splnil předepsané rozměry komunikací pro obsluhu a údržbu elektrického zařízení. Nezbytné je taktéž stabilní kotvení rozváděče kotvami M8 nebo M10. Nástěnné

rozvodnice kotvíme většinou vruty do hmoždinek, zapuštěné rozvodnice do předpřipravených výklenků.

Jednotlivé části sestavy sešroubujeme navzájem mezi sebou. Pro snadnější manipulaci je vhodné uvolnit držáky přípojnic a následně využít spojovací materiál. Před provedením šroubového spoje odstraníme nerovnosti, nečistoty a natřeme spoje kontaktní neutrální vazelínou. Šroubové spoje se utahují na moment deklarovaný výrobcem, doporučený utahovací moment je u šroubu M8 cca 10Nm a u šroubu M10 cca 15Nm.

Přívodní a odvodní kabeláž musí být označena a zapojena dle výkresové dokumentace do předpřipravených svorek nebo přístrojů rozváděče. Kabeláž a vodiče se zapojují úhledně a přehledně. Pokud je to možné, nechává se rezerva. Dále vodiče nesmí ležet na ostrých hranách neživých částí skříně nebo dotýkat se holých živých částí. Vnější kabeláž ústí do rozváděče pomocí vývodek, aby splňovala předepsané krytí. Vývodky osazujeme kovové nebo plastové. Kovové provedení je možné využít k připojení stínění a splnit tak podmínky EMC.

Vodiče ochranného pospojování se připojují na sběrnice nebo na vnější ochrannou svorku a musí zajišťovat trvalé a spolehlivé vodivé spojení neživých částí chráněného předmětu. [3]

## Obsluha a údržba

Pro bezpečný a správný provoz rozváděče je nutné, aby jeho obsluha prováděla údržbu ve smyslu platných norem a předpisů. V rámci prevence by měla probíhat údržba v minimálním rozsahu jednoho roku. Rozváděč se zbavuje prachu a nečistot, kontrolují se ochranné a silové spoje, provádí se vizuální prohlídka a kontrola oteplení spojů. Dále se kontrolují filtry ventilátorů, kdy při zanesení může docházet k vyššímu oteplení rozváděče, a to díky snížené cirkulaci vzduchu. Čištění se provádí teplou vodou s přidáním čistícího prostředku nebo vyfukováním stlačeným vzduchem či vysátím vysavačem. Při odhalení škod na zařízení je nutné kontaktovat výrobce. Instalace nového zařízení či demontáž musí být provedená pouze výrobcem nebo servisní proškolenou organizací. Každé zařízení má svůj manuál na údržbu. Záruční lhůta na funkci rozváděče je dána kupní smlouvou. [3]

## Revize

Výchozí revizi uplatňujeme po dokončení zapojení a montáže rozváděče, a to před uvedením do provozu. Smyslem této revize je zajištění bezpečného provozu, a to ve všech podmínkách, kde bude instalován. Charakteristiky jsou ověřeny kusovými či typovými zkouškami. Tím se ověří, že je rozváděč schopný bezpečného provozu. Součást výchozí revizní zprávy tvoří právě tyto dokumenty o provedených zkouškách. Během kontroly se taky srovnává označení skříně, kabelů, přístrojů a svorek s dostupnou projektovou dokumentací. Revize může obsahovat i měření přechodových odporů či měření impedance vypínacích smyček. [3]

# 2. Specifikace požadavků na technické řešení

## Podklady pro zpracování projektu

- Dispoziční výkres linky
- Specifikace pohonů a pneumatických částí
- Obhlídka na místě

## Popis projektu

Projekt řeší elektro – softwarovou část systému linky pro distribuci přepravek včetně dvou řídicích rozváděčů a optických snímačů, komunikaci mezi jednotlivými rozváděči a návaznost na strojní část, tj. elektropohony a pneumatické ventily. Projekt neřeší strojní část linky, dodávku strojních částí, pneumatických částí elektropohonů a kabeláže. Dále projekt neřeší přívody pro rozváděče, které zajišťuje provozovatel linky.

## Popis zařízení

Jedná se o technologii zajišťující distribuci přepravek na jednotlivá stanoviště. Technologie se skládá z několika částí: z myčky, akumulace, skluzu 1–5, expedic a dolních cest. Technologie je zapojena do dvou řídicích rozváděčů, do kterých jsou zapojeny elektropohony, pneumatické ventily, snímače a ovládací prvky. Oba rozváděče jsou vybaveny hlavním vypínačem pro vypnutí napájení daného rozváděče a hřibovým tlačítkem pro nouzové vypnutí technologie. Řídicí rozváděč RD01 obsahuje motorové vývody pro spínání elektropohonů, systém nouzového zastavení pro bezpečné odstavení technologie a automat Siemens S7-1200, který ovládá technologickou část etapy 1 a 2. Řídicí rozváděč RD02 obsahuje motorové vývody pro spínání elektropohonů, reléové vývody pro spínání pneumatických ventilů a automat Siemens S7-1200, který ovládá technologickou část etapy 3. Komunikace mezi automaty Siemens S7-1200 je zajištěna pomocí protokolu Profinet. Rozhraní nouzového zastavení rozváděče RD02 je kabelem připojeno k systému nouzového zastavení v rozváděči RD01.

## Předpisy a normy

Projektová dokumentace je zpracována v souladu s předpisy, českými technickými normami a katalogy platnými v době jejího zpracování, obsahuje všechny náležitosti dle vyhlášky 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb.

Veškerá elektrická zařízení a jejich montáž musí odpovídat platným českým technickým normám (dále ČSN).

Obsluha a práce na elektrickém zařízení musí být prováděná dle ČSN EN 50110-1 ed.3 [21] a odvozených platných norem a předpisů.

*Tab. 3 - Předpisy nutné k realizaci projektu*

| **Předpis** | **Číslo** | **Obsah** |
|---|---|---|
| Nařízení vlády | 616/2006 Sb. | technické požadavky na výrobky z hlediska elektromagnetické kompatibility |
| Nařízení vlády | 591/2006 Sb. | minimální požadavky na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích |
| Vyhláška | 499/2006 Sb. | o dokumentaci staveb |
| Zákon | 309/2006 Sb. | upravuje další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci |
| Zákon | 262/2006 Sb. | zákoník práce |
| Zákon | 183/2006 Sb. | o územním plánování a stavebním řádu (Stavební zákon) |
| Nařízení vlády | 101/2005 Sb. | o podrobnějších požadavcích na pracoviště a pracovní prostředí |
| Nařízení vlády | 24/2003 Sb. | technické požadavky na strojní zařízení |
| Nařízení vlády | 17/2003 Sb. | technické požadavky na elektrická zařízení nízkého napětí |
| Nařízení vlády | 163/2002Sb | požadavky na vybrané stavební výrobky (se změnami – vyhláška č. 312/2005 Sb.) |
| Nařízení vlády | 378/2001Sb | požadavky na bezpečný provoz strojů, technických zařízení, přístrojů a nářadí |
| Nařízení vlády | 178/2001Sb | stanovení podmínek ochrany zdraví zaměstnanců při práci |
| Vyhláška | 137/1998 Sb. | o obecných technických požadavcích na výstavbu (se změnami – vyhláška č. 502/2006 Sb.) |
| Zákon | 22/1997 Sb. | o technických požadavcích na výrobky (se změnami – zákony č. 70/2000 Sb., č. 102/2001 Sb., č. 205/2002 Sb.) |
| Vyhláška | 48/1982 Sb. | stanoví základní požadavky na zajištění bezpečnosti práce a technických zařízení (se změnami – vyhláška č. 192/2005 Sb.) |
| Vyhláška | 20/1979 Sb. | určuje vyhrazená elektrická zařízení a stanoví některé podmínky k zajištění jejich bezpečnosti (se změnami – vyhlášky č. 553/1990 Sb., 352/2000 Sb., 159/2002 Sb.) |
| Vyhláška | 50/1978 Sb. | o odborné způsobilosti v elektrotechnice (se změnami a doplňky – vyhláška č. 98/1982 Sb.) |
| Zákon | 458/2000Sb. | energetický zákon |
| Zákon | 100/2001Sb. | o posuzování vlivů na životní prostředí |

*Tab. 4 - Normy nutné k realizaci projektu*

| **Označení normy** | **Název normy** |
|---|---|
| ČSN EN 61936-1 | Elektrické instalace nad AC 1 kV [22] |
| ČSN EN 61439-1 ed. 2 | Rozváděče nízkého napětí – Část 1: Všeobecná ustanovení |
| ČSN 33 3051 | Ochrany elektrických strojů a rozvodných zařízení |
| ČSN 33 3210 | Rozvodná zařízení |
| ČSN 33 3220 | Společná ustanovení pro elektrické stanice |
| ČSN EN 60909-0 | Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách. Část 0: Výpočet proudů |
| ČSN 33 3022-1 | Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách. Část 1: Součinitele pro výpočet zkratových proudů podle IEC 60909-0 |
| ČSN IEC 909-2 | Data pro výpočty zkratových proudů |
| ČSN 33 2000-1 ed.2 | Elektrické instalace nízkého napětí – Část 1: Základní hlediska, stanovení základních charakteristik, definice. |
| ČSN 33 2000-4-41 ed.3 | Elektrotechnické předpisy – Elektrická zařízení – Část 4: Bezpečnost – Kapitola 41: Ochrana před úrazem elektrickým proudem |
| ČSN 33 2000-4-42 ed.2 | Elektrotechnické předpisy – Elektrická zařízení. Část 4: Bezpečnost. Kapitola 42: Ochrana před účinky tepla. |
| ČSN 33 2000-4-43 | Elektrotechnické předpisy – Elektrická zařízení. Část 4: Bezpečnost. Kapitola 43: Ochrana proti nadproudům. |
| ČSN 33 2000-4-47 | Elektrotechnické předpisy – Elektrická zařízení – Část 4: Bezpečnost – Kapitola 47: Použití ochranných opatření pro zajištění bezpečnosti – Oddíl 470: Všeobecně – Oddíl 471: Opatření k zajištění ochrany před úrazem elektrickým proudem |

| | |
|---|---|
| ČSN 33 2000-4-481 | Elektrotechnické předpisy – Elektrická zařízení – Část 4: Bezpečnost – Kapitola 48: Výběr ochranných opatření podle vnějších vlivů – Oddíl 481: Výběr opatření na ochranu před úrazem elektrickým proudem podle vnějších vlivů |
| ČSN 33 2000-5-51 | Elektrotechnické předpisy – Elektrická zařízení – Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení – Kapitola 51: Všeobecné předpisy |
| ČSN 33 2000-5-52 ed.2 | Elektrotechnické předpisy – Elektrická zařízení – Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení – Kapitola 52: Výběr soustav a stavba vedení |
| ČSN 33 2000-5-523 ed.2 | Elektrické instalace budov – Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení – Oddíl 523: Dovolené proudy v elektrických rozvodech |
| ČSN 33 2000-5-534 | Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5-53: Výběr a stavba elektrických zařízení – Odpojování, spínání a řízení – Oddíl 534: Přepěťová ochranná zařízení |
| ČSN 33 2000-5-537 | Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5-53: Výběr a stavba elektrických zařízení – Odpojování, spínání a řízení – Oddíl 537: Přístroje pro odpojování a spínání |
| ČSN 33 2000-5-54 ed.3 | Elektrotechnické předpisy – Elektrická zařízení. Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení. Kapitola 54: Uzemnění a ochranné vodiče |
| ČSN 33 2000-5-551 | Elektrotechnické předpisy – Elektrická zařízení – Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení – Kapitola 55: Ostatní zařízení – Oddíl 551: Nízkonapěťová zdrojová zařízení |
| ČSN 33 2000-5-56 | Elektrotechnické předpisy – Elektrická zařízení. Část 5. Výběr a stavba elektrických zařízení. Kapitola 56: Napájení zařízení sloužících v případě nouze |
| ČSN 33 2000-6 | Elektrické instalace nízkého napětí – Část 6: Revize [23] |
| ČSN EN 50110-1 ed. 3 | Obsluha a práce na elektrických zařízeních [21] |
| ČSN 34 1610 | Elektrotechnické předpisy ČSN. Elektrický silnoproudý rozvod v průmyslových provozovnách |
| ČSN EN 62305-1 ed.2 | Ochrana před bleskem – Část 1: Obecné principy |
| ČSN EN 62305-2 ed.2 | Ochrana před bleskem – Část 2: Řízení rizika |
| ČSN EN 62305-3 ed.2 | Ochrana před bleskem – Část 3: Hmotné škody na stavbách a nebezpečí života |
| ČSN EN 62305-4 ed.2 | Ochrana před bleskem – Část 4: Elektrické a elektronické systémy ve stavbách |
| ČSN 33 2000-7-701 ed.2 | Elektrické instalace NN – Část 7-701: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech – Prostory s vanou nebo sprchou |
| ČSN 33 2000-7-704 ed.2 | Elektrické instalace NN – Část 7-704: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech – Elektrická zařízení na staveništích a demolicích |
| ČSN 33 2000-7-706 ed.2 | Elektrické instalace nízkého napětí – Část 7-706: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech – Omezené vodivé prostory |

## Bezpečnost práce při provádění stavby

Veškeré práce na elektrických zařízeních při montážích musí být prováděny v souladu s ČSN EN 50110-1 ed.3 [21] a ostatními souvisejícími předpisy (Zákon 309/2006 Sb. Nařízení vlády 591/2006 Sb. 178/2001 Sb.).

Pracovníci pracující na elektrických zařízeních, s elektrickými zařízeními a v blízkosti elektrických zařízení musí mít odpovídající elektrotechnickou kvalifikaci dle vyhlášky 50/1978 Sb.

## Ochrana před úrazem elektrickým proudem

V souladu s ČSN 33 2000-4-41 ed.3 [24] je u elektrických instalací nízkého napětí zajištěna základní ochrana před úrazem elektrickým proudem následujícím způsobem:

- ochrana základní izolací živých částí
- ochrana kryty nebo přepážkami
- ochrana při poruše elektrického zařízení je zajištěna v souladu s ČSN 33 2000-4-41 ed.3 [24] následujícím způsobem:
    - ochrana automatickým odpojením od zdroje
    - ochrana použitím zařízení s dvojitou nebo zesílenou ochranou
    - doplňujícím ochranným pospojováním

## Ochrana proti nadproudům

- ochrana proti proudovým přetížením a ochrana proti zkratovým proudům je v souladu s ČSN 33 2000-4-43 ed.2. [25]

## Napěťové soustavy

- 3/N/PE AC 50 Hz, 400/230 V/TN – S– hlavní přívod, motorové vývody
- 2 DC, 24 V/FELV– ovládací a řídicí obvody

## Přívod pro rozváděč RD01

- Rozváděč RD01 bude napojen z rozvodny provozovatele. Provozovatel zajistí přívod 32 A jištěný jističem charakteristiky B 32 A.
- Přívod – je proveden kabelem H05VV–F 5x4.

## Přívod pro rozváděč RD02

- Rozváděč RD02 bude napojen z rozvodny provozovatele. Provozovatel zajistí přívod 32 A jištěný jističem charakteristiky B 32 A.
- Přívod – je proveden kabelem H05VV–F 5x4.

## Ovládání

Technologie funguje pouze v automatickém režimu. Spuštěná technologie se provádí pomocí ovládacích prvků na dveřích rozváděče RD01. Aktivace jednotlivých pracovišť se ovládá pomocí přepínače na místní skřínce u daného pracoviště. Uživatelské nastavení technologie se pak spouští z dotykového panelu na rozváděči RD02. Technologii lze nouzově odstavit pomocí hřibových tlačítek rozmístěných kolem technologie (na rozváděčích RD01 a RD02, u váhy, na dolní trase a u myčky).

## Předpoklady nutné pro uvedení do provozu

Pro uvedení do provozu je nutno na všech vyhrazených elektrických zařízeních provést revizi dle ČSN 33 1500 [26] (v platném znění, tj. změny 1-4) a vypracovat zprávu o revizi.

Stav zařízení musí odpovídat ustanovením ČSN EN 61936-1 [22] + ČSN 33 2000-6 ed.2 [23] a souvisejícím normám či předpisům.

## Provoz a údržba zařízení

Pro následný bezpečný provoz elektrických zařízení je nutno provádět pravidelné revize dle ČSN 33 1500 [26] (v platném znění, tj. změny 1-4), popř. mimořádné revize dle ČSN 33 1500 Z4 [26], a to v předepsaných lhůtách, které budou určeny buďto ve zprávách o výchozí revizi, nebo v „Revizním řádu“ (samostatný dokument, který je pro tento účel doporučen).

Je nutno neprodleně odstraňovat závady zjištěné při revizní činnosti (pravidelnými či mimořádnými revizemi). Rovněž je doporučeno vypracovat (a následně dodržovat) tzv. „Řád preventivní údržby“ související s revizní činností. Dále provádět jednou za měsíc test funkce nouzového stopu zmáčknutím každého hřibového tlačítka v technologii a následným provedením resetu. Jednou měsíčně vyčistit rozváděč od prachu a jiných nečistot. Žádné z elektrických zařízení neumývat tlakovou vodou.

## Ochrana životního a pracovního prostředí

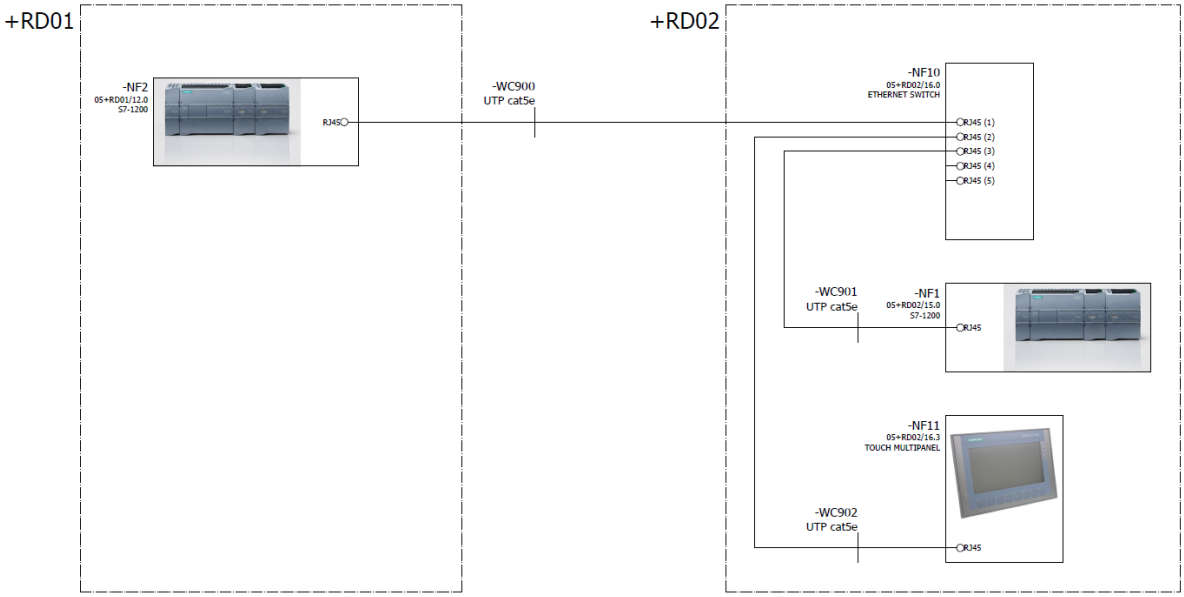
Objednatel při veškeré předmětné činnosti bude nutně vycházet ze zákonů České republiky o ochraně prostředí (Zákon č.244/92 Sb. a další související zákony, předpisy a vyhlášky).

Objednatel zlikviduje veškeré odpady vzniklé při montáži (obalový materiál, ocel, kabelová jádra, kabelovou izolaci) na své náklady a v souladu se zákony České republiky.

# 3. Zpracování dokumentace

Dokumentace byla vytvořena v programu Eplan Electric P8. Jedná se o moderní, integrovaný, rychlý projekční systém pro tvorbu a řízení elektro dokumentace. Obsahuje všechny důležité a detailní údaje, které jsou nutné pro další části projektu. Součástí programu jsou knihovny svorek, přístrojů, kabelů a dalších komponentů pro efektivní a přehlednou práci projektanta. Program dokáže generovat specifikaci seznamu vstupů, výstupů, svorek, konektorů, kabelů, ale hlavně zpracovat celkovou dokumentaci včetně náhledu na montážní provedení rozváděče. Výstup z programu je možný ve formátech DXF (formát pro výměnu souborů) a DWG (formát výkresu), pro spolupráci s jinými programy, např. AutoCAD.

Celkové schéma zapojení rozváděče je uvedeno v příloze č. 1.



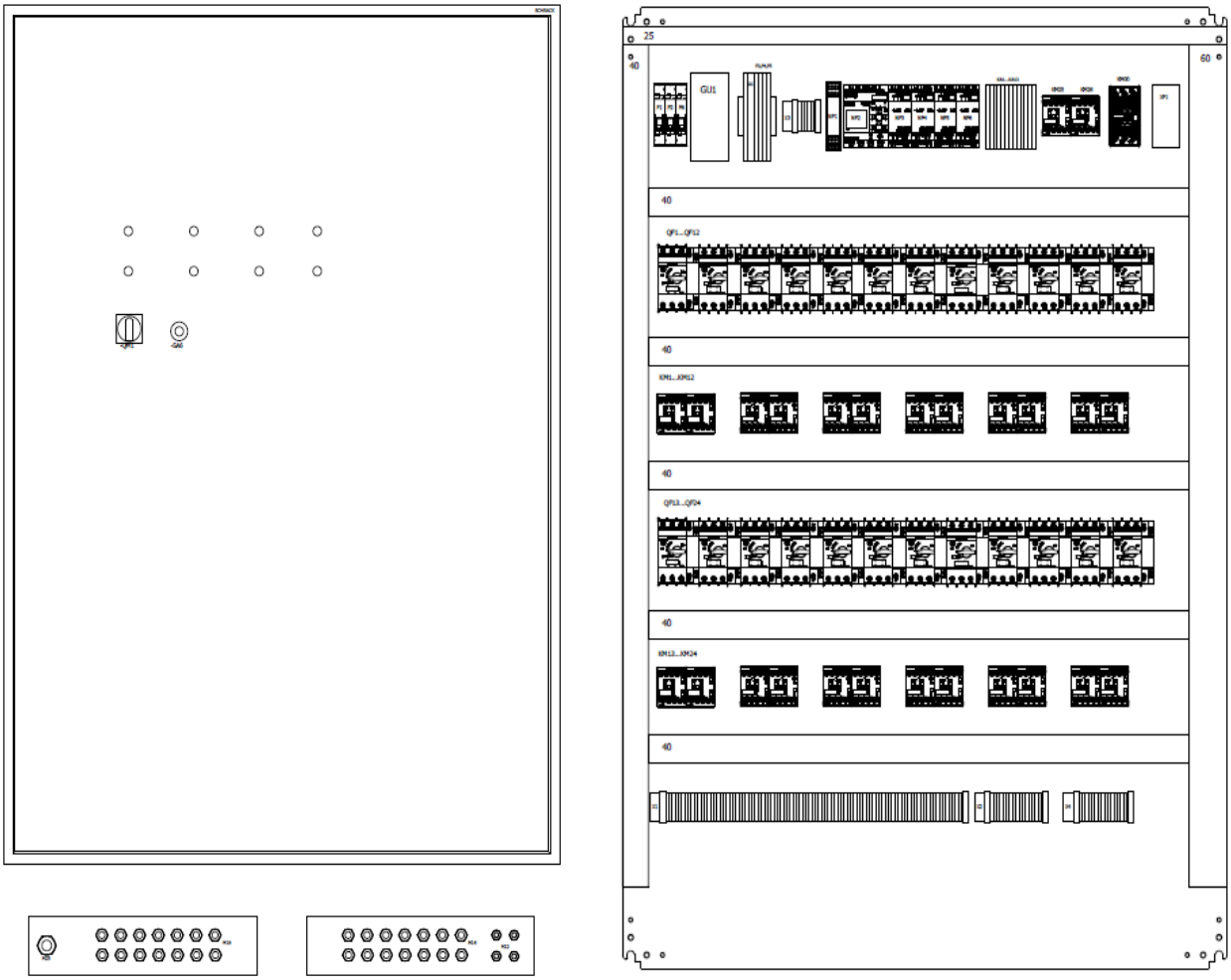

*Obr. 6 - Schéma zapojení komunikace*

# 4. Návrh rozváděče, výpočty parametrů

## 4.1. Popis montážního návrhu

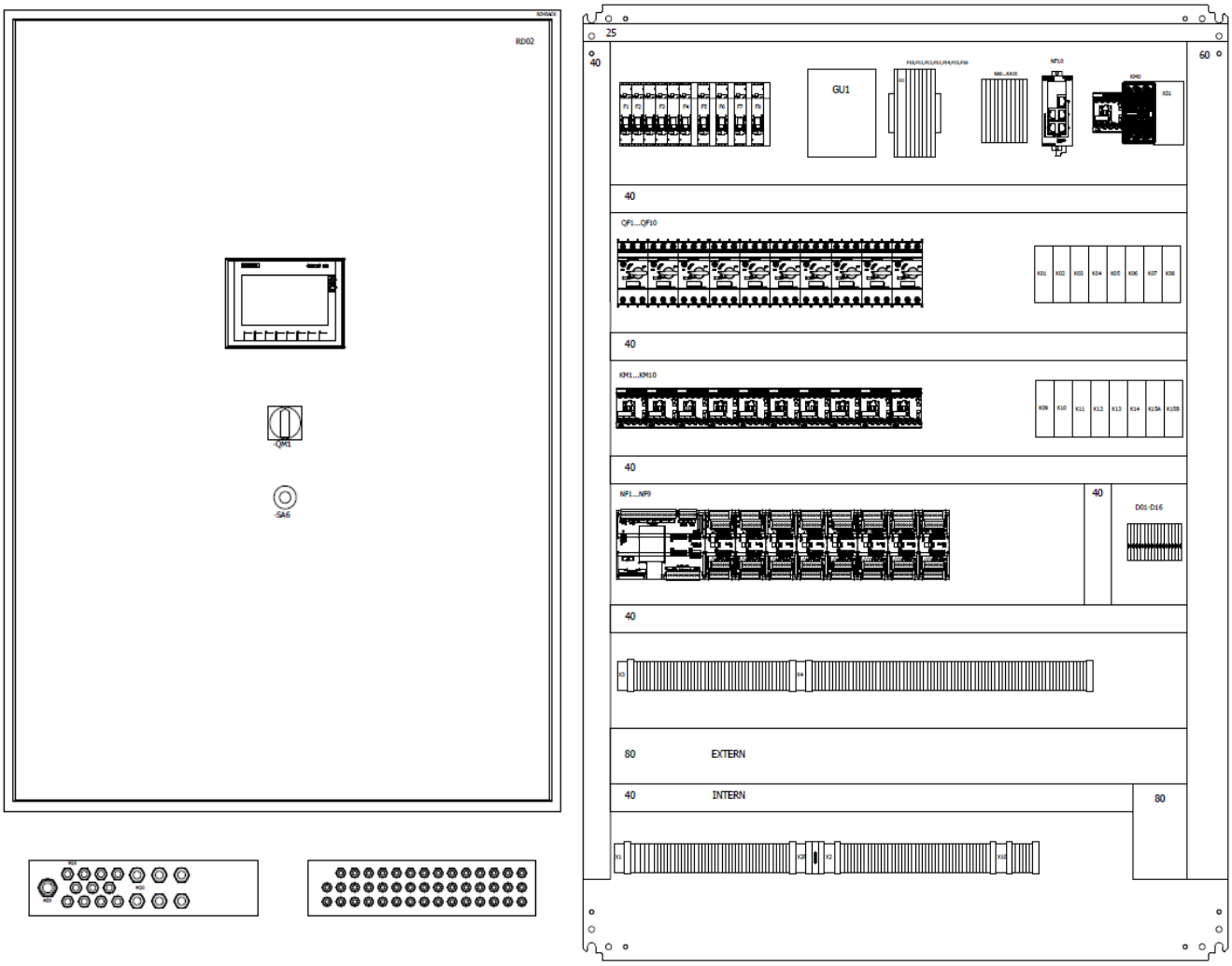
Návrh rozváděče probíhal v návaznosti na tvorbu projektové dokumentace v programu Eplan. V rámci tohoto programu sice lze vytvořit montážní návrh, ale pro snadnější manipulaci a práci je montážní panel zpracován v programu AutoCAD.

Po exportu dat do AutoCAD je nutné zvolit správné rozvržení přístrojů, žlabů, DIN lišt a svorek, aby nedocházelo k nadměrnému oteplení. Na druhou stranu toto rozvržení musí být logické s ohledem na délky propojovacích kabelů. DIN lišty se zpravidla vrtají na střed mezery mezi žlaby, tato mezera musí být dostatečně velká pro snadnější montáž přístrojů. U traf, deonů, měničů a některých systémů instalace na DIN lišty není možná. Upevnění je dimenzováno s ohledem na velikost přístroje a jeho váhu přímo do montážního panelu. Snažíme se oddělit silové, ovládací a datové části od sebe.




*Obr. 7 - Návrh rozváděče RD01-vnější strana (vlevo), návrh rozváděče RD01-vnitřní strana(vpravo)*

Svorky se zpravidla instalují do horní či spodní části montážního panelu, a to s ohledem na vstupní a výstupní montáž kabeláže dle podkladů pro zpracování projektu. V našem případě je prostup skříně ošetřen vývodkami různých velikostí dle instalovaných kabelů ze spodu skříně. Ovládáni je realizované pomocí tlačítek a přepínačů na vnější straně rozváděče. Důležité je důsledné okótování montážního panelu pro samotnou výrobu.



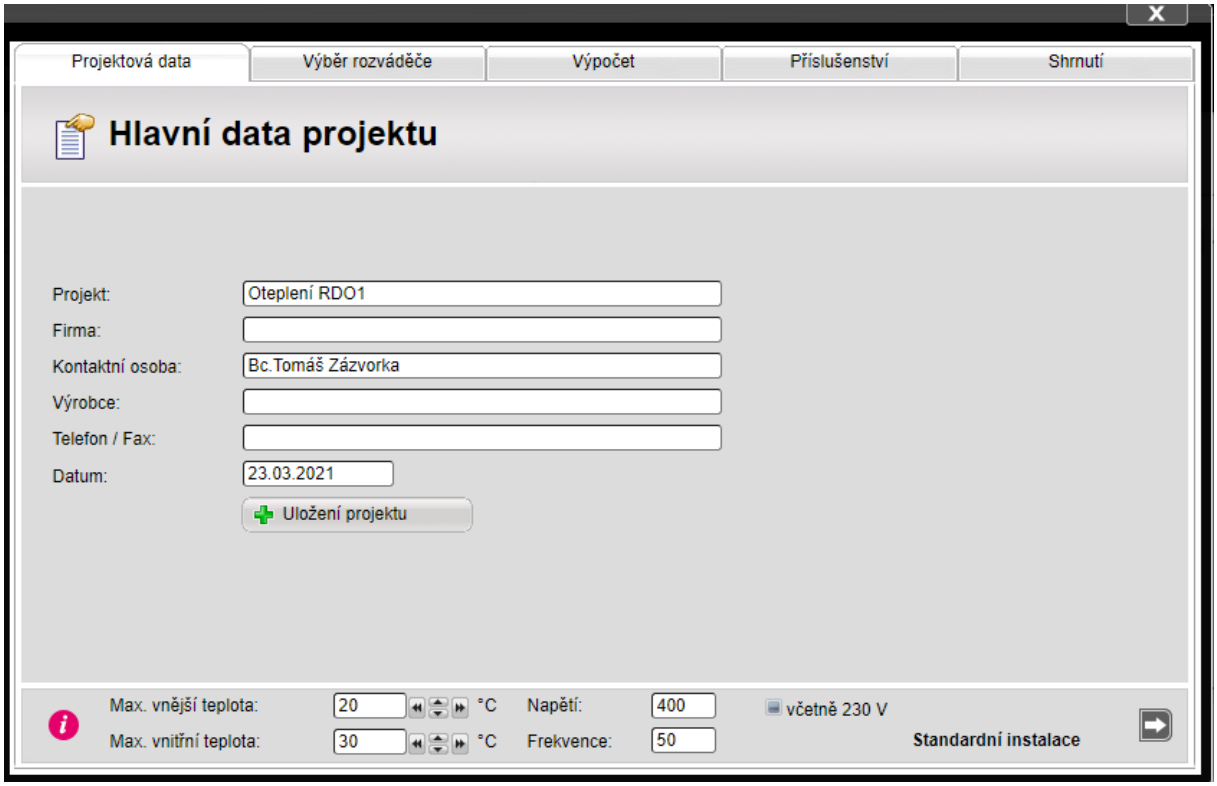

*Obr. 8 - Návrh rozváděče RD02-vnější strana (vlevo), návrh rozváděče RD02-vnitřní strana(vpravo)*

## 4.2. Výpočet oteplení rozváděče v programu Rittal Therm

Rittal Therm je uživatelsky dostupný software, který slouží pro výpočet oteplení rozváděče. Slouží pro snadné a rychlé dimenzování nároků na chlazení nebo klimatizačních jednotek. Výstupem z tohoto programu je podrobná dokumentace včetně grafu oteplení, kterou je možné převést do textového editoru nebo tisknout. Program je spjat s novými normami a plní jejich ustanovení.

### 4.2.1. Postup práce s programem Rittal Therm:

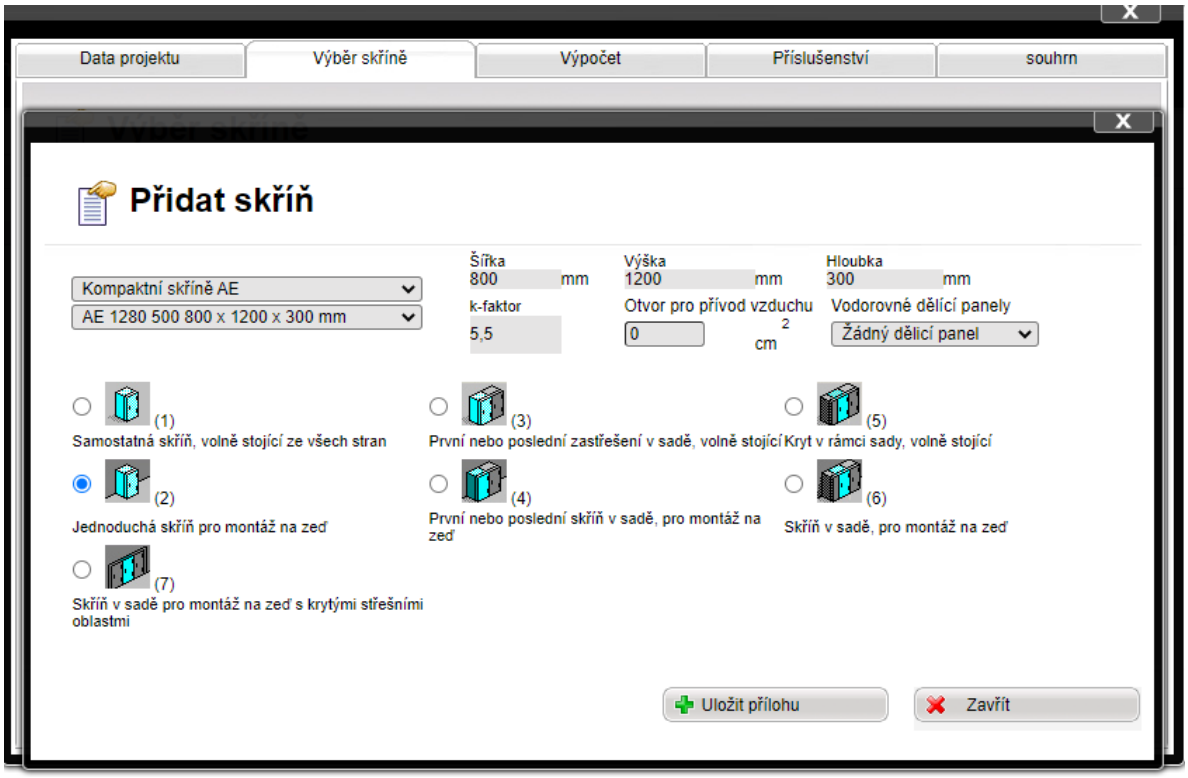
**V prvním bodě** se po registraci a následném přihlášení dostaneme k první části zadání hlavičky celého projektu a jeho tvorbě. Vyplníme kontaktní údaje, název firmy, datum a přejdeme k zadávání maximální očekávané teploty okolí v místě instalace rozváděče a také maximální vnitřní teploty, poté napětí a frekvence zařízení.




*Obr. 9 - Zadávání vstupních údajů v programu Rittal Therm*

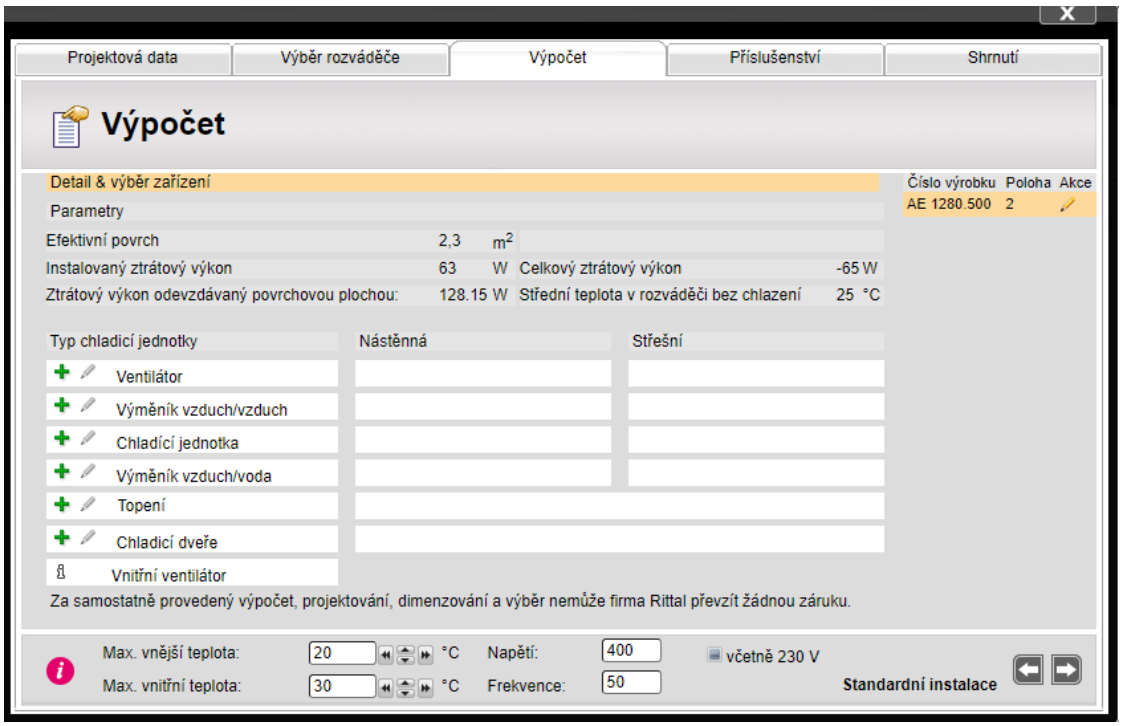
**V druhém bodě** se přechází k samotné volbě skříně a možnosti její montáže. V databázi programu je možné najít už předdefinovanou skříň s uvedenými parametry nebo lze tyto parametry samostatně navolit. U skříní, které jsou přisazeny k sobě nebo tvoří celek je možné v rámci programu navolit dělící panely a otvory pro přívod vzduchu.

**V třetím bodě** se program sám zeptá, jestli chceme definovat ztrátový výkon. Ztrátový výkon lze zjistit buď předešlým výpočtem z parametrů daných přístrojů v programu Eplan nebo ze skutečných naměřených hodnot vnější a vnitřní teploty. V mém případě jsem zadal již vypočtené hodnoty z Eplanu. K dispozici je i rozsáhlý seznam zařízení, které lze instalovat, řazený dle výrobců.



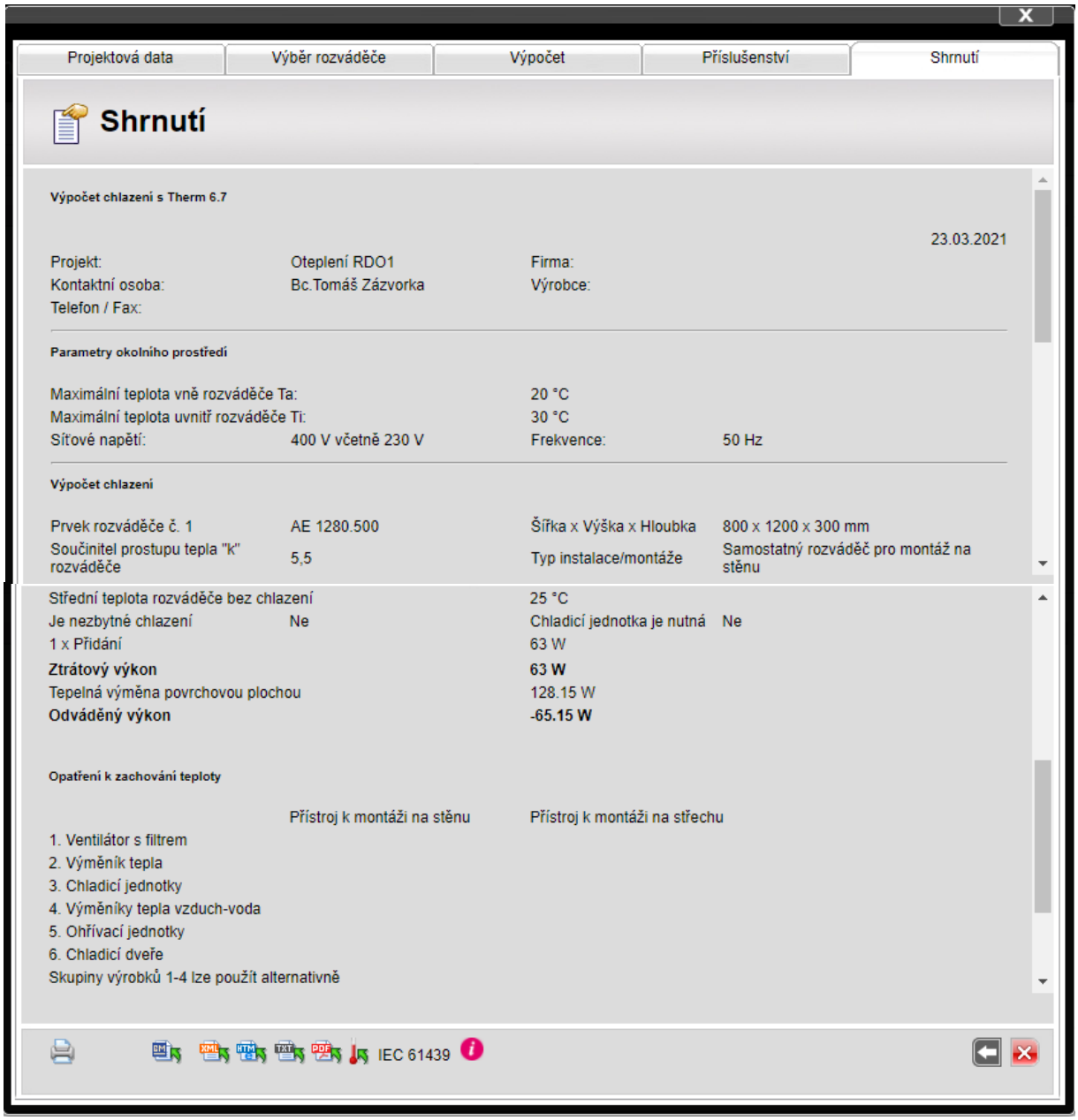

*Obr. 10 - Volba skříně v programu Rittal Therm*

**Čtvrtým bodem** je volba vhodné chladící jednotky nebo ventilace s ohledem na zadaný ztrátový výkon. Jelikož se vyrobené skříně nachází v klimatizovaném masokombinátu a vnější teplota nepřesáhne teplotu 20 °C, není nutné chladící či topné těleso dál definovat. To lze vidět i z výpočtu, že ztrátový výkon odevzdaný povrchovou plochou je mnohem vetší než ztrátový výkon instalovaný.




*Obr. 11 - Výpočet v programu Rittal Therm*

**Pátým bodem** je celkové shrnutí a výstup z programu, kde jsou kompletně shrnuty údaje o skříni včetně dat pro výpočet a výpočet samotný. Výstup lze exportovat do různých textových formátů.




*Obr. 12 - Shrnutí z programu Rittal Therm*

## 4.2.2. Výstup z programu Rittal Therm

*Tab. 5 - Výstup z programu Rittal Therm*

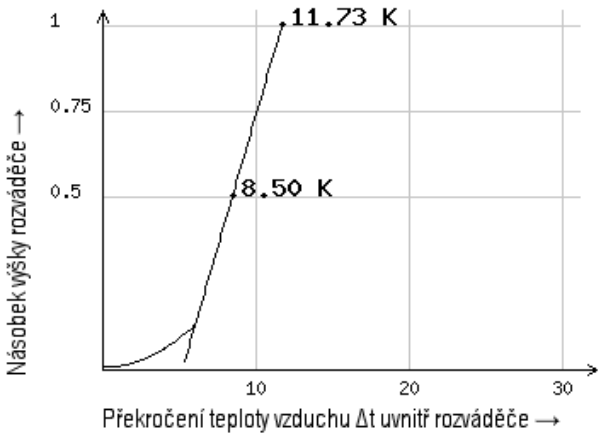
| Zákazník/objednávka: Oteplení RDO1 | | |
|---|---|---|
| Typ rozváděče: Samostatná skříň 1280500 | | |
| Určující rozměry pro výpočet oteplení | Výška: 1200 mm<br>Šířka: 800 mm<br>Hloubka: 300 mm | Způsob umístění: Samostatný rozváděč pro montáž na stěnu |
| | | Otvory pro nasávání vzduchu: Ne |
| | | Počet horizontálních dělicích stěn: 0 |

| | | Rozměry | $A_0$ | Koeficient plochy *b* | $A_e$ (Sp. 3) × (Sp. 4) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | m × m | $m^2$ | | $m^2$ |
| Efektivní plocha pro sdílení tepla | | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | Plocha střechy | 0,80 × 0,30 | 0,24 | 1,40 | 0,34 |
| | Přední stěna | 0,80 × 1,20 | 0,96 | 0,90 | 0,86 |
| | Zadní stěna | 0,80 × 1,20 | 0,96 | 0,50 | 0,48 |
| | Levá bočnice | 0,30 × 1,20 | 0,36 | 0,90 | 0,32 |
| | Pravá bočnice | 0,30 × 1,20 | 0,36 | 0,90 | 0,32 |
| | $A_e = \Sigma (A_o - b) =$ | | | | 2,33 |

| Při efektivní ploše rozváděče $A_e$ | |
|---|---|
| > 1,25 $m^2$ | ≤1,25 $m^2$ |
| $f = h^{1,35} \div A_b = 5,33$ (viz 5.2.3) | g = h ÷w = (viz 5.2.3) |

| | |
|---|---|
| Otvory pro nasávání vzduchu ($cm^2$) | 0 |
| Konstanta rozváděče *k* | 0,304 |
| Koeficient pro horizontální dělicí stěny d | 1,00 |
| Efektivní výkonová ztráta (W) | 63 |
| $P^x = P^{***}$ | 27,97 |
| $\Delta t_{0,5} = k \cdot d \cdot Px$ (K) | 8,50 |
| Koeficient rozložení teplot c | 1,38 |
| $\Delta t_{1,0} = c \cdot \Delta t_{0,5}$ (K) | 11,73 |

Charakteristika oteplení



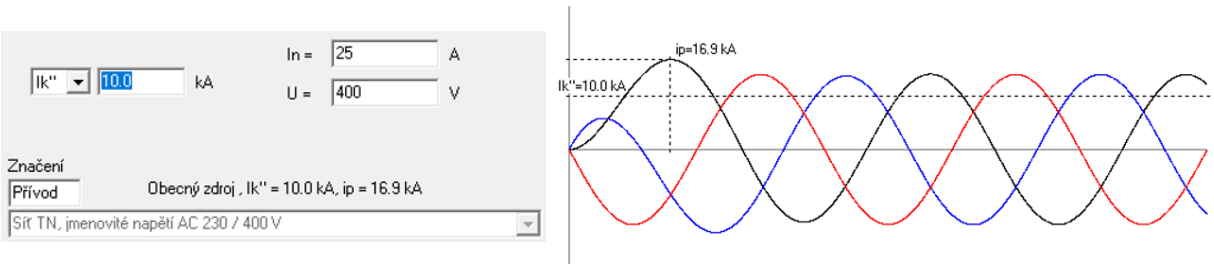

*Obr. 13 - Charakteristika oteplení skříně*

### 4.2.3. Ověření návrhu motorového spouštěče a stykače v programu Sichr

V této části jsem se věnoval ověření, zda je k motoru M35 s výkonem 0,55 kW správně nadimenzován motorový spouštěč –QF1, stykač –KM1 a kabel. Výpočet tedy probíhal v programu Sichr vytvořený firmou OEZ. Jedná se o program, který dokáže vypočítat parametry nezbytné pro volbu těchto přístrojů a upozornit, že daný přístroj nelze použít. Program používá databáze přístrojů a kabelů i jiných značek než OEZ. Jedná se o nástroj, který je možné stáhnout v přístupné (free) verzi.

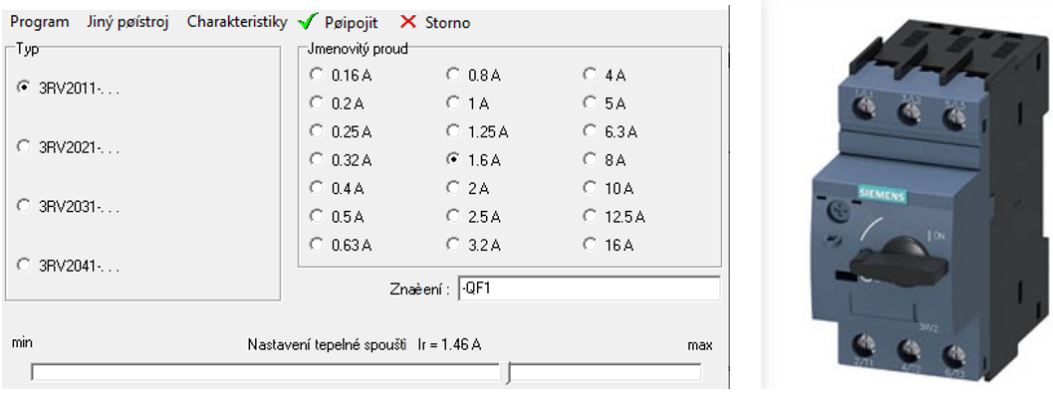
### 4.2.4. Postup práce s programem Sichr

**V první části** si v programu zvolíme parametry přívodu, a to jmenovitý proud $I_N$, jmenovité sdružené napětí U a efektivní hodnotu počátečního rázového zkratový proudu $I_K''$ dle předřadného jističe. Program automaticky dopočítá nárazový zkratový proud $I_P$ a vykreslí charakteristiku průběhu napětí.



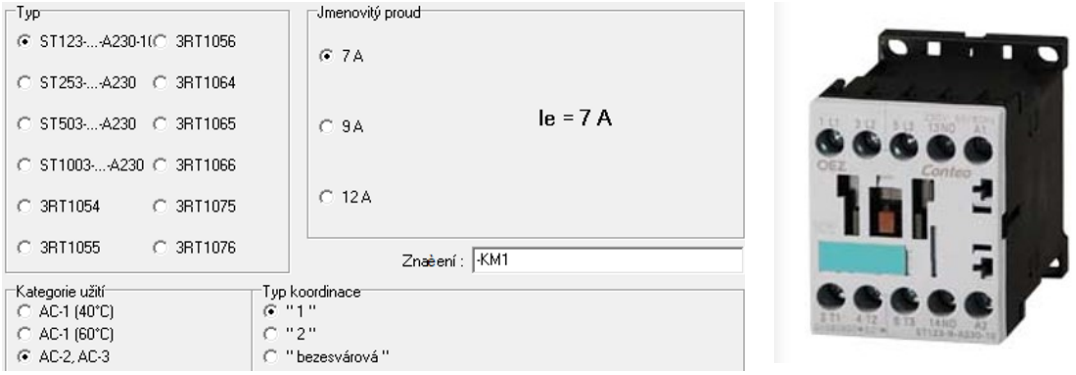

*Obr. 14 - Zadávání vstupních parametrů obvodu v programu Sichr*

**V druhé části** hledáme vhodný motorový spouštěč, v našem případě typové řady SIE.3RV2011. Zadáváme parametr jmenovitého proudu $I_N$ a nastavujeme tepelnou spoušť na $I_R > I_N$. Pokud by bylo $I_R < I_N$, tepelná ochrana by nevybavila. Vybavení ochrany tedy závisí na době nadproudu na základě tepelného působení proudu. Instalovaný rozběhový proud $I_R$ se nastavuje v závislosti na nastavení zkratové ochrany u motoru, to může být až 13násobek $I_R$. Po výběru motorového spouštěče dojde dle databáze k přiřazení parametrů přístroje, s následnou implementací výpočtů lze nastavovat vypínací charakteristiku. Nastavení této charakteristiky má vliv na selektivitu jistících přístrojů, a především na vypínací schopnost a reakci nadproudové ochrany.



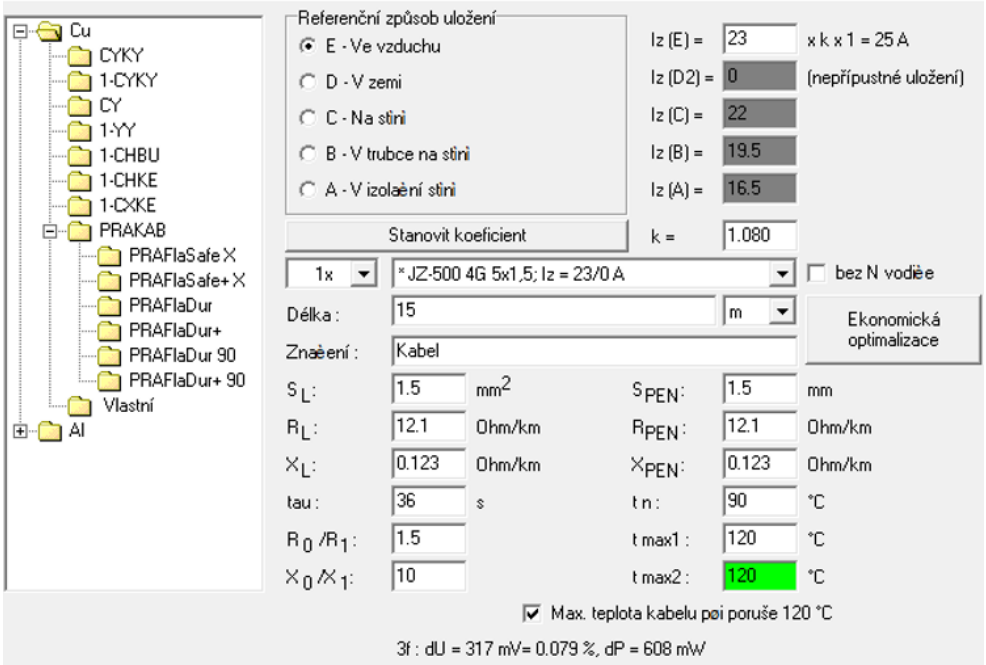

*Obr. 15 - Volba typu a parametrů motorového spouštěče (vlevo), použitý motorový spouštěč (vpravo)*

**V třetí části** vybereme vhodný stykač dle parametrů motoru. V nabídce programu nebylo možné zvolit typ stykače stejného označení, proto byl zvolen jiný s podobnými parametry. Jmenovitý pracovní proud stykače $I_E$ volíme dle jmenovitého proudu $I_N$, v našem případě 7 A, což je pro tento motor naddimenzované řešení. Dále je nutné zvolit kategorii koordinace jako ochranu proti zkratu a kategorii užití, ta je rozdělena do 3 kategorií dle zátěží, které bude stykač spínat (AC-1-3).



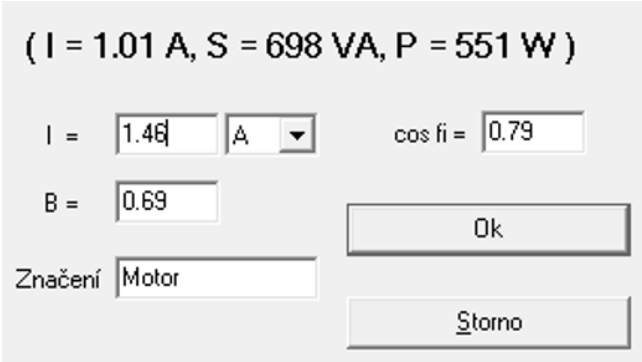

*Obr. 16 - Volba typu a parametrů stykače (vlevo), použitý stykač (vpravo)*

**Ve čtvrté části** definujeme parametry požadovaného kabelového vedení v návaznosti na ovládání motoru. Pro instalaci byl zvolen kabel JZ 500, který je vhodný pro flexibilní aplikace pro střední mechanické namáhaní. Volili jsme referenční způsob uložení ve vzduchu, jelikož je motor instalován v horní části přepravníkového pásu. Při tomto způsobu program stanoví vhodný koeficient uložení a zatěžovací proud $I_Z$. Ve spodní části tabulky jsou potom uvedeny nezbytné parametry vodiče a dovolený úbytek napětí.



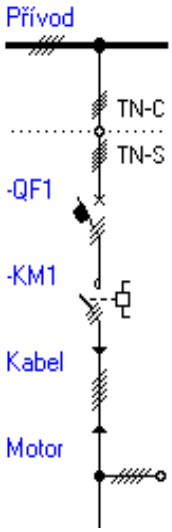

*Obr. 17 - Volba typu a parametrů přívodního kabelu pro motor -M35*

**V páté části** definujeme samotné parametry motoru M35, účiník cosφ, jmenovitý proud motoru $I_N$, a koeficient soudobosti B. Program sám dopočítá jmenovitý výkon motoru $P_N$, zdánlivý příkon S a proud motorem I.




*Obr. 18 - Volba parametrů motoru*

**Poslední část** je věnována výstupu z programu. Během konfigurace námi zvoleného obvodu program provádí řadu kontrol a výpočtů. Pokud vkládáme prvek, který není s parametry kompatibilní, program vyhodí červeně chybu a nepustí nás k dalšímu kroku řešení. Samozřejmě i tyto parametry je třeba kontrolovat a posuzovat ze širšího hlediska, kdy se může stát, že oteplení nám např. vyjde o jeden stupeň vyšší, než je povolená hodnota programem. Program řeší výpočet zkratových proudů, úbytky napětí, impedanční smyčku obvodu nebo selektivitu ochranných prvků.




OEZ

Projekt : Návrh motorového jištění a stykače pro motor M35

Autor : Bc. Tomáš Zázvorka

Datum : 1.04.2021

Soubor : M35

**Pøehled parametrù a výpoètù ( TN, Un = 230/400 V )**

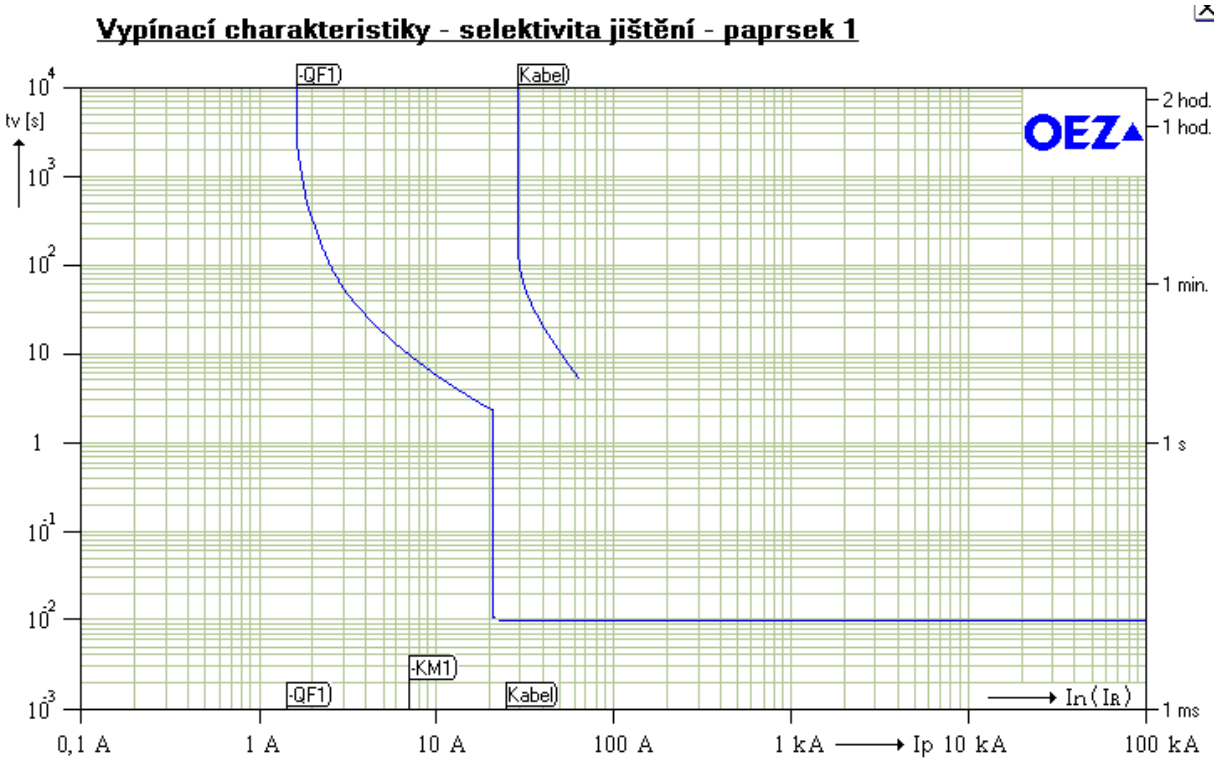
| Označení | Parametry | Výpočty |
|---|---|---|
| | Přívod | |
| Přívod | Síť TN | Ik''= 10.0 kA |
| | U2 = 231/400 V | ip = 16.9 kA |
| | In = 25 A | dU = 0.0 % |
| | | |
| | -QF1 | |
| -QF1 | 3RV2011-1AA** | io = 460 A |
| | Icu = 100 kA | Zs(0,4s) = 10.03 Ohm, Ia = 23 A, R(50V/5s) = 4.17 Ohm |
| | In = 1.60 A | |
| | Ir = 1.46 A ( 0.91x1.60 A ) | |
| | Ii = 21 A | |
| | | |
| | -KM1 | |
| -KM1 | ST123-7-A230-10 | Ie = 7 A |
| | In = 7 A | |
| | Kategorie užití AC-2, AC-3, Typ koordinace " 1 " | |
| | | |
| | Kabel | |
| Kabel | JZ-500 4G 5x1,5 | Iz = 25 A |
| | 15 m ve vzduchu (E) | tm = 21 ° C |
| | 15 m ve vzduchu (E), max. teplota kabelu při poruše 120 °C | (Ik''= 1.19 kA) |
| | Teplota okolí [st. C] : 20 | dU = 0.1 % |
| | Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách | I2t < k2S2 |
| | Počet seskupených obvodů na lávce, žebříku či roštu : 1 | io = 412 A |
| | Uspořádání seskupených obvodů : V jedné vrstvě volně | O.K. Zsv < Zs(0,4s) ( 1.20 Ohm < 10.0 Ohm, 2/3 Zs = 6.69 Ohm ) |
| | Počet lávek, žebříků či roštů : 1 | |
| | Max. teplota kabelu při poruše 120.0 °C | |
| | | |
| | Motor | |
| Motor | Vývod | io = 412 A |
| | I = 1.5 AxB=1.0 A | (Ik''= 1.19 kA, ip = 1.72 kA) |
| | cos fi = 0.79 | O.K. Zsv < Zs(0,4s) ( 1.20 Ohm < 10.0 Ohm, 2/3 Zs = 6.69 Ohm ) |
| | I = 1.01 A | U = 398 V (Un - 0.4%) |
| | B = 0.69 | |

*Obr. 19 - Schéma zapojení (vlevo), výstup z programu Sichr (vpravo)*

K ověření selektivity byly použity údaje výrobce
K výpočtu byly použity následující normy : ČSN 33 2000-4-41 ed. 3, PNE 33 0000-1 ed. 6, ČSN 33 2000-4-43 ed. 2 a ČSN 33 2000-5-52 ed. 2.
K zobrazení vypínacích charakteristik byly použity údaje výrobce
Charakteristiky jsou vedeny v 75% proudového rozptylového pásma
Pro výpočty zkratů byla použita ČSN EN 60909-0

*Obr. 20 - Všeobecné informace k výstupu programu Sichr*

## Vypínací charakteristika




*Obr. 21 - Vypínací charakteristika QF1 a kabelu*

# 5. Zpracování plánu zkoušek

Provádění zkoušek patří k nezbytné součásti výroby, pro ověření funkční způsobilosti rozváděče a kontroly působení rozváděče na okolí dle určených mezí. K ověření charakteristik rozváděče používáme zkoušky typové a kusové. Rozmezí teplot pro měření by nemělo přesahovat teplotu 20 °C o ± 5 °C při relativní vlhkosti prostředí maximálně 80 %. Pokud nelze dodržet tyto podmínky, je nutné tyto skutečnosti zapsat do protokolu měření. [3] [2]

*Tab. 6 - Seznam zkoušek prováděných na typově zkoušených rozváděčích a částečně typově zkoušených rozváděčích [3, s. 85]*

| Pořadové číslo | Ověřovaná charakteristika | Typově zkoušené rozváděče | Částečně typově zkoušené rozváděče |
|---|---|---|---|
| **1** | Meze oteplení | Zkouška oteplení | Kontrola mezního oteplení zkouškou, odvozením z typově zkoušených rozváděčů nebo výpočtem |
| **2** | Dielektrické vlastnosti | Zkouška izolace | Kontrola dielektrických vlastností zkouškou napětím nebo kontrola izolačního odporu |
| **3** | Zkratová odolnost | Zkouška zkratové odolnosti | Kontrola zkratové odolnosti zkouškou nebo odvozením z podobných, typově vyzkoušených uspořádání |
| **4** | Účinnost ochranného obvodu Účinné spojení mezi neživými částmi a ochrannými obvody | Kontrola účinného spojení mezi neživými částmi rozváděče a ochranným obvodem prohlídkou nebo měřením odporu | Kontrola účinného spojení mezi neživými částmi rozváděče a ochranným obvodem prohlídkou nebo měřením odporu |
| **5** | Zkratová odolnost ochranného obvodu | Zkouška zkratové odolnosti ochranného obvodu | Kontrola zkratové odolnosti ochranného obvodu zkouškou nebo kontrola vhodného konstrukčního uspořádání ochranného obvodu |
| **6** | Povrchové cesty a vzdušné vzdálenosti | Kontrola povrchových cest a vzdušných vzdáleností | Kontrola povrchových cest a vzdušných vzdáleností |
| **7** | Mechanická činnost | Kontrola mechanické funkce | Kontrola mechanické funkce |
| **8** | Krytí | Zkouška krytí | Kontrola krytí |
| **9** | Elektrické zapojení a funkce | Prohlídka rozváděče včetně kontroly el. zapojení popř. el. funkční zkouška | Prohlídka rozváděče včetně kontroly el. zapojení popř. el. funkční zkouška |
| **10** | Izolace | Zkouška napětím | Zkouška napětím nebo kontrola izolačního odporu |
| **11** | Ochranná opatření | Kontrola ochranných opatření a el. celistvosti ochr. obvodů | Kontrola ochranných opatření |
| **12** | Izolační odpor | | Kontrola izolačního odporu s výjimkou případů, kde byla provedena zkouška napětím nebo zkouška izolace |

## 5.1. Typová zkouška

Pomocí typové zkoušky ověřujeme, zda základní provedení rozváděče či jeho části splňují požadavky dle normy ČSN EN 61439-1 ed.2. [2] Dojde-li k úpravám nebo změnám základních částí provedení rozváděče, který vyhověl typovému zkoušení, musí se provádět nová zkouška za předpokladu, že tyto změny by mohly mít špatný vliv na výsledek zkoušky. [3]

### 5.1.1. Zkoušky prováděné při ověřovaní rozváděče

#### Zkouška izolace – zkouška napětím

**Účinná spojitost neživých částí a ochranného vodiče**

Tímto měřením ověříme, zda jsou všechny neživé části rozváděče řádně uzemněny se svorkou přívodního PE vodiče. K měření generujeme pomocí ohmmetru měřící proud DC nebo AC o minimální velikosti 10 A. Ověříme tedy všechny neživé části skříně, PE svorky a svorkovnice pro připojení zemnících kabelů. Měřený odpor by mezi přívodní svorkou a jakoukoliv částí neměl vyjít více než 0,1 Ω.

**Výdržné napětí průmyslového kmitočtu**

Cílem této zkoušky je ověření dielektrických schopností izolace a schopnosti vydržet dočasná přepětí. Norma nám udává, že zkušební napětí má definovanou frekvenci a tvar. Zdroj má za úkol generovat zkušební napětí sinusového průběhu o zadané frekvenci od 45-65 %, většinou se jedná o transformátor VN. Minimální velikost výstupního proudu je 200 mA a výstupní nadproudové relé nesmí vybavit pod 100 mA. Tolerance zkušebního napětí je ±3 % a je uvedena v tabulce níže. [27], [2]

*Tab. 7 - Hodnoty zkušebního napětí pro hlavní obvody a skříně z izolačního materiálu [27]*

| Jmenovité izolační napětí $U_i$ | Zkušební napětí AC (TRMS) | Zkušební napětí DC |
|---|---|---|
| 61÷300 V | 1500 V (2250 V) | 2120 V |
| 301÷690 V | 1890 V (2835 V) | 2670 V |
| 691÷800 V | 2000 V | 2830 V |

*Tab. 8 - Hodnoty zkušebního napětí pro pomocné a řídicí obvody [27]*

| Jmenovité izolační napětí $U_i$ | Zkušební napětí AC (TRMS) |
|---|---|
| do 12 V | 250 V |
| 12÷60 V | 500 V |
| 691÷800 V | 2000 V |

Zdroj napětí generuje na počátku maximálně 50 % zkušebního napětí. Poté napětí postupně zvýšíme až na požadovanou hodnotu, na té zdroj setrvá 5-7 s. Pokud během této zkoušky nedojde k vybavení nadproudové ochrany a k průrazu izolace, je zkouška vyhovující. [27]

## Impulzní výdržné napětí

Zkouška impulzního výdržného napětí ověřuje, zda jsou vzdálenosti vzdušných cest mezi živými a neživými částmi, případně živými částmi s různým potenciálem, dostatečně velké, aby vydržely impulzivní jmenovité zkušební napětí, a to v řádě milisekund. Velikost těchto rázů stanovují tabulky G1 a normy. V těchto tabulkách je i zařazení do různých nadmořských výšek, kde bude měření prováděno. Impulzní výdržné jmenovité napětí se určuje z tabulky podle jmenovitého pracovního napětí, a to proti zemi nebo je možné ho naleznout i v kategorii přepětí pro daný rozváděč.

Měření probíhá tak, že přikládáme 5× nejvyšší vrcholovou hodnotu napětí s průběhem napěťové vlny 1,2/50µs v intervalu ≤ 1 s mezi např. navzájem spojené části živého hlavního obvodu a neživé části. Pokud během zkoušky nedojde k průrazu nebo vybavení nadproudové ochrany zkušebního přístroje, zkouška je vyhovující. Zkoušku lze nahradit případným měřením vzdušných vzdáleností při typové zkoušce, která ověří konstrukční vlastnosti rozváděče. Minimální vzdálenosti jsou uvedeny v první normě a jedná se o 1,5násobek vzdálenosti, než je v těchto tabulkách uvedeno. To proto, aby se zohlednily tolerance pro sériovou výrobu. [27], [2]


*Obr. 22 - Tvar zkušebního impulzního výdržného napětí [27]*

## 5.2. Kusová zkouška

Slouží k odhalení všech závad v provedení nebo materiálech a ověřuje správnou funkci rozváděče. Kusové ověření se provádí již během výroby nebo následně po výrobě, a to u všech rozváděčů, které byly vyrobeny. K ověření funkčních charakteristik a konstrukce rozváděče se obecně používají tři metody.

První metodou je ověření zkoušením, která se používá pro kontrolu vzdušné vzdálenosti, povrchové cesty, mechanické činnosti, dielektrické vlastnosti, ochrany před úrazem elektrickým proudem a integrity ochranných obvodů.

Druhou metodou je ověření vizuální prohlídkou, která zahrnuje stupeň ochrany skříní, ochranu před úrazem elektrickým proudem a integritu ochranných obvodů.

Třetí metodou je pak samotné ověření dle původního výrobce a výrobce součástí používaných pro vestavbu spínacích přístrojů a součástí, kontrola svorek pro vnější připojení a spojů vnitřních elektrických obvodů. [28], [2]

### 5.2.1. Ověření technických parametrů rozváděče

#### Zkouška oteplení

Zkoušku oteplení provádíme jmenovitými hodnotami proudu, které jsou určeny pro daný obvod. Ověřujeme tedy, jestli rozváděč za provozu nepřekročí stanovené meze oteplení při generování různé hodnoty napětí, ale do meze požadovaného pracovního proudu. Uspořádání rozváděče musí být kompletně zakrytované, aby byly dodrženy stejné teplotní podmínky jako při jeho normálním provozu. Cívky stykačů, spouští, relé atd. napájíme jmenovitým napětím. Pojistky opatříme tavnými vložkami, které jsou předepsané výrobcem, ale během měření zaznamenáme ztráty těchto vložek do zkušebního protokolu. Ten také musí obsahovat rozmístění vnějších vodičů a jejich rozměry, které napájí jednotlivé obvody.

Měření probíhá dostatečně dlouhou dobu, aby mohlo dojít k ustálení hodnot oteplení. Dosažení ustálené hodnoty poznáme tak, že rozdíl teplot není větší než 1 °C/hod. Rozváděč je položen na izolační podložku, aby nedocházelo k přenosu tepla vedením do země. Obvod bývá zatížen jmenovitým proudem násobeným součinitelem soudobosti (předpokládané zatížení), který je definován zpravidla pro celý rozváděč. Norma předpokládá, že zatížení všech vstupních obvodů jmenovitým proudem nebude zatěžováno současně a tím nedojde k nadměrnému překročení oteplení rozváděče. Tolerance hodnot měření průměrného vstupního proudu v závislosti na žádané hodnotě by měla být 0-3 %, kdy zatížení jednotlivých fází je ± 5 % požadované hodnoty. Meze oteplení specifikuje v podstatě výrobce přístrojů, který udává pracovní teplotu, která dlouhodobě nepřesáhne mez.

Norma dále říká, že oteplení rozváděče může být ověřeno výpočtem nebo zkouškou. Zahrnutí obou těchto kombinací umožnuje zvolit výrobci nejvhodnější metodu. Používají se dvě metody ověření výpočtem. První je jednoduchá metoda, kde se zahrne výpočet jednoho prostoru rozváděče do jmenovitého proudu 630 A. Zabývá se celkovými výkonovými ztrátami součástí a vodičů, zda nepřesáhnou schopnost rozptylovat teplo ve skříni. Součásti se redukují kvůli vzniku horkých míst na 80 % jmenovitého proudu. Druhá metoda je do jmenovitého proudu 1600 A. Součásti jsou taktéž redukovány na 80 % $I_N$ nebo méně (volný vzduch) a vodorovné stěny minimálně 50 % volné plochy. Výpočtem s přídavnými rezervami se zabývá norma IEC 60890.

Při zkoušení můžeme zařadit topné rezistory pro simulaci ztrátového výkonu místo funkčních součástí, ale pouze za předpokladu, že proud jednotek nepřesáhne hodnotu 630 A a nebudou zahrnuty jejich proudy do zkoušky. [29], [2]

**Měření teplot**

Teploty měříme za pomocí teploměrů a termočlánků. Měřící přístroj přikládáme tak, aby proudění a tepelné vyzařování neovlivnilo měřenou hodnotu. Teplotu měříme všude, kde je možné překročení meze oteplení, zpravidla na šroubových spojích či svorkách. Pro měření vně rozváděče používáme vhodně umístěná čidla teploty.

Teplotu okolí kolem rozváděče měříme nejméně dvěma teploměry nebo termočlánky. Rozmístění měření musí být rovnoměrné, a to ve vzdálenosti cca metr od rozváděče a v půli jeho výšky, chráněné tak, aby nedošlo k ovlivnění výsledků prouděním či sáláním okolního vzduchu.

## Zkouška zkratové odolnosti

Účelem této zkoušky je ověřit různé druhy namáhání působící na rozváděč, především tepelné, dynamické a zkratovými proudy. Vysoké oteplení za velmi krátkou dobu způsobí při vypnutí oblouku ionizaci vzduchu, která se projeví snížením vzduchové izolace nebo přetlakem (vznik velkých sil). Zkratové namáhaní můžeme ovlivnit použitím vhodných přístrojů omezujících proud, např. použitím pojistek, jističů nebo jejich kombinaci. [2]

Zkouška není požadována pro rozváděče, u kterých jmenovitý zkratový proud nepřesáhne hodnotu 10 kA nebo jsou chráněné zařízeními, která jsou schopná omezit zkratový proud při maximální hodnotě 15 kA. Také se nepoužívá u řídicích a pomocných obvodů připojených na transformátor o jmenovitém výkonu 10 kVA. Části, které již byly podrobené typové zkoušce, např. podpěry, přípojnice, vývodky atd., nepodléhají této zkoušce. To však neplatí u částečně typově zkoušených částí, které je nutno ověřit výpočtem. Výrobcům to ale přináší lepší možnosti při zajištění zkratové odolnosti bez použití zkratové zkoušky. [2]

## Kontrola účinnosti ochranného obvodu

Jedná se o kontrolu prohlídkou nebo měřením přechodového odporu mezi neživými částmi rozváděče a ochranným obvodem. Cílem je ověřit, zda jsou tyto části účinně spojeny. Přechodový odpor musí být dostatečně nízký, aby při průchodu chybného proudu nedošlo k nebezpečnému dotykovému napětí na neživých částech. Měření se využívá zejména v případě, kdy mohou vzniknout pochybnosti o celistvosti konstrukčního uspořádání. Měrný přechodový odpor by měl vyjít ≤1 Ω, pokud změřenou hodnotu vynásobíme hodnotou chybného proudu. Výsledkem je úbytek napětí, který může vzniknout na neživé části průchodem tohoto chybného proudu. Neměl by však překonat hodnotu dovoleného dotykového napětí. [2]

### 5.2.2. Ověření konstrukce rozváděče

## Odolnost proti korozi

Rozváděče jsou navrhnuty tak, aby byly co nejvíce odolné proti korozi. Jedná se hlavně o kovové skříně a jejich části. Kontrolou prochází i upevňovací systém skříně, zámky a další části, kde by mohlo dojít ke snížení odolnosti vlivem použití. Při podrobení zkoušky instalujeme nové a čisté zkušební vzorky, které se podrobí dvěma zkouškám A a B. Prostor skříně je prázdný. Po skončení zkoušky je třeba provést opláchnutí všech částí pod tekoucí vodou po dobu 5 minut a následně ponořit části do destilované či demineralizované vody. Poté probíhá otření a sušení po dobu 2 hodin. Posledním krokem je kontrola zkoušených částí, zda nedošlo k poškození mechanické celistvosti, trhlinám, či vzniku oxidu železitého na povrchu skříně. Degradace ochranného povlaku je povolená, pokud splní stupeň rezavění předepsaný normou. [2]

**Zkouška náročnosti A**

Tato zkouška je určena pro kovové vnitřní skříně, vnější kovové části vnitřních rozváděčů nebo kovové vnitřní části vnitřních a vnějších rozváděčů, na kterých může záviset mechanická činnost. Skládá se z 6 cyklů vlhkým teplem (vlhkost 95 % při teplotě 40 °C) a 2 cyklů solnou mlhou – zde je snížena teplota na 35 °C. Jeden cyklus trvá 24 hodin.

**Zkouška náročnosti B**

Tato zkouška je určena pro kovové vnější skříně a vnější kovové části externích rozváděčů. Zkouška je zahrnuta ve dvou stejných dvanáctidenních obdobích. Skládá se z 5 cyklů vlhkým teplem a 2 cyklů solnou mlhou, každý cyklus trvá 24 hodin. [30]

## Ověření tepelné stability skříní

Tepelná stabilita musí být ověřena zkouškou u skříní nebo částí skříní vyrobených z izolačních materiálů podle normy ČSN EN 61439-1 ed.2. [2] Používá se tam, kde je možný výskyt tepelného namáhání izolační části vlivem vnitřních elektrických jevů. Poškození by mohlo způsobit snížení bezpečnosti rozváděče. Proto musí být odolné proti nadměrnému teplu, vzplanutí a šíření plamene. U malých částí do 14x14 mm může být použita alternativní zkouška.

Při zkoušce vkládáme skříň do ohřívací komory, kde na ni působí suché teplo jako při provozních atmosférických podmínkách. Po zkoušce by se neměly vyskytovat na povrchu žádné trhlinky a neměla by lepit. [31]

# 6. Ekonomické vyhodnocení

Finální částí tohoto projektu bylo vytvoření kusové tabulky s ekonomickým hodnocením. Pro lepší přehlednost je zde uvedeno označení, název přístroje a k němu specifikační údaje. V pravé části se zadává počet kusů použitých přístrojů a k nim jejich cena za kus. Posledním sloupcem je celková cena vynásobená počtem (ks) · cena za kus. Sumou těchto hodnot vychází tab. č.7, kde lze vidět celková cena bez DPH, ve které je přičtena cena za skříň. V dalších řádcích je uvedena cena s marží výrobce a konečná cena včetně práce s DPH a bez.

*Tab. 9 - Ekonomické vyhodnocení skříně RD01*

| Označení přístroje | Název | Technické údaje | Počet (ks) | Výrobce | Cena za kus (Kč) | Kompletní cena (Kč) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| -F1 | JISTIČ | 1P, char. B, 6 A, 10kA | 1 | SIEMENS | 267 | 267 |
| -F2 | JISTIČ | 1P, char. C, 6 A, 10kA | 1 | SIEMENS | 328 | 328 |
| -F3 | ELEKTRONICKÁ POJISTKA | maxGUARD, 24VDC, 4 A | 1 | WEIDMÜLLER | 508 | 508 |
| -F4-F5 | ELEKTRONICKÁ POJISTKA | maxGUARD, 24VDC, 2 A | 2 | WEIDMÜLLER | 491 | 982 |
| -F6 | JISTIČ | 1P, char. B, 6 A, 10kA | 1 | SIEMENS | 99 | 99 |
| -G1 | ELEKTRONICKÁ POJISTKA | maxGUARD, Feed-in, 24VDC | 1 | WEIDMÜLLER | 102 | 102 |
| -G1 | ODDĚLOVACÍ DESKA | maxGUARD | 2 | WEIDMÜLLER | 150 | 300 |
| -G1 | KONCOVÁ PODPĚRA | W-SERIES | 2 | WEIDMÜLLER | 32 | 64 |
| -GU1 | ZDROJ | 230 V AC/24 V DC, 10 A, 240 W | 1 | WEIDMÜLLER | 2174 | 2174 |
| -HL1 | SIGNÁLKA | 22 mm, ZE, ČERV, ŽL, 24 V AC/DC | 4 | SCHNEIDER ELECTRIC | 199 | 796 |
| -KA1-K10 | RELÉ | 1CO, 6 A, 24VDC CÍVKA | 10 | WEIDMÜLLER | 290 | 2900 |
| -KM0 | STYKAČ | 3P, 11KW, 25 A, 230 V AC,2NO+2NC | 1 | SIEMENS | 1190 | 1190 |
| -KM1 | STYKAČ | 3P, 4KW, 7 A, 24 V DC, 1NO | 1 | SIEMENS | 798 | 798 |
| -KM1-20 | POMOCNÝ KONTAKT | 1NC, FRONT, FOR 3RT2 | 20 | SIEMENS | 119 | 2380 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| -KM1-KM20 | STYKAČ | 3P, 4KW, 7 A, 24 V DC, 1NO | 20 | SIEMENS | 798 | 15960 |
| -NF1 | MODUL NOUZ. ZASTAVENÍ | 24 V AC/DC, 3 VÝSTUPY, KAT. 3 | 1 | SCHNEIDER ELECTRIC | 349 | 349 |
| -NF2 | LOGICKÁ JEDNOTKA | LOGO! 24, 24 V DC, 8DI (4AI), 4DO | 1 | SIEMENS | 3499 | 3499 |
| -NF3-NF6 | ROZŠIŘUJÍCÍ MODUL | LOGO! DM8 24, 24 V DC, 4DI, 4DO | 4 | SIEMENS | 1599 | 6396 |
| -QF1 | MOTOROVÝ SPOUŠTĚČ | 3P, In=1,1…1,6A, 100kA, 1NO+1NC, S00 | 1 | SIEMENS | 2790 | 2790 |
| -QF2-QF18 | MOTOROVÝ SPOUŠTĚČ | 3P, In=0,9…1,25A, 100kA, 1NO+1NC, S00 | 16 | SIEMENS | 3132 | 50112 |
| -QM1 | VYPÍNAČ | 3P, 32 A, ČERVENÝ, UZAMYKATELNÝ | 1 | OBZ | 1500 | 1500 |
| -SA1-SA4 | HŘIBOVÉ TLAČÍTKO | 22 mm, 1NC, ČERVENÉ | 4 | SCHNEIDER ELECTRIC | 199 | 796 |
| -SA1-SA4 | BLOK KONTAKTŮ | 1NC | 4 | SCHNEIDER ELECTRIC | 35 | 140 |
| -SB1-SB3 | TLAČÍTKO | 22 mm, 1NO, ČERNÉ, ČERVENÉ, ZELENÉ | 3 | SCHNEIDER ELECTRIC | 199 | 597 |
| -X1 | NOSIČ ŠTÍTKU | ŠEDÁ | 4 | SCHNEIDER ELECTRIC | 3 | 12 |
| -X1 | ŘADOVÁ SVORKA | Ø4mm2, ŠEDÁ, MODRÁ, PE | 5 | EB | 8 | 40 |
| -X1 | PŘEPÁŽKA | RSA 4 A, ŠEDÁ | 1 | EB | 8 | 8 |
| -X1 | KONCOVÁ SVĚRKA | ŠEDÁ | 6 | EB | 2 | 12 |
| -X1 | ŘADOVÁ SVORKA | Ø2,5mm2, ŠEDÁ | 69 | EB | 8 | 432 |
| -X1 | ŘADOVÁ SVORKA | Ø2,5mm2, PE | 14 | EB | 36 | 504 |
| -X2 | ŘADOVÁ SVORKA | Ø2,5mm2, ŠEDÁ | 18 | EB | 8 | 144 |
| -X3 | PROPOJOVACÍ MŮSTEK | 2PIN | 2 | EB | 15 | 30 |
| -X4 | KONCOVÁ SVĚRKA | ŠEDÁ | 2 | EB | 3 | 6 |
| -XS1 | ZÁSUVKA | 230 V AC, 16 A, IP 20 | 1 | OEZ | 169 | 169 |
| -RDO1 | SKŘÍŇ | 1280500 SKŘÍŇ AE | 1 | RITTAL | 7 221 | 7 221 |

*Tab. 10 - Celkové náklady na výrobu*

| | |
|---|---|
| **Cena bez DPH** | 102 783 Kč |
| **Marže výrobce** | 10 278 Kč |
| **Celková cena za práci** | 33 918 Kč |
| **Celková cena včetně DPH** | 177 845 Kč |

**Srovnání cen vybraných přístrojů různých výrobců**

V této kapitole se snažím porovnat některé přístroje s ohledem na cenu udávanou výrobci. Lze vidět, že cena přístrojů není jen jedna a může doslova ovlivnit výslednou cenu v řádu desítek tisíc korun. Proto se výrobci rozváděčů snaží, pokud to nemají jasně dané zadavatelem, snížit výrobní náklady na minimum a obracet se k levnějším výrobcům přístrojů. Přece jen výrobní cena v dnešní době je to, co zákazníka nejvíce zajímá i na úkor kvality. V tabulce č. 8 a 9 jsou orientační ceny přístrojů ve srovnání s jinými výrobci.

*Tab. 11 - Srovnání cen jističů typu B a C*

| **Název** | **Typ přístroje** | **Výrobci** | | |
|---|---|---|---|---|
| | | **Siemens s.r.o** | **Schneider Electric s.r.o** | **Abb s.r.o** |
| **JISTIČ** | 1P, char. B, 6 A, 10kA | 267 Kč | 79 Kč | 160 Kč |
| **JISTIČ** | 1P, char. C, 6 A, 10kA | 328 Kč | 112 Kč | 205 Kč |

*Tab. 12 - Srovnání cen stykače a motorového spouštěče*

| **Název** | **Typ přístroje** | **Výrobci** | | |
|---|---|---|---|---|
| | | **Siemens s.r.o.** | **Schneider Electric s.r.o.** | **Abb s.r.o.** |
| **STYKAČ** | 3P, 4KW, 7 A, 24 V DC, 1NO | 1 190 Kč | 1 242 Kč | 1186 Kč |
| **MOTOROVÝ SPOUŠTĚČ** | 3P, In=1,1…1,6A, 100kA, 1NO+1NC, S00 | 2 790 Kč | 2 192 Kč | 1479 Kč |

# 7. Závěr

Cílem diplomové práce byl návrh průmyslového rozváděče NN. Pro tvorbu jsem si zvolil projekt linky pro distribuci přepravek. Pro tvorbu této práce bylo nezbytné důkladné nastudování technických norem. Práce je rozdělena do šesti hlavních částí, kdy první a pátá se věnuje teoretické stránce návrhu a zkoušení rozváděčů NN a zbylé tři jsou věnovány praktické části.

V první části jsem se zabýval základními požadavky, které jsou kladeny na výrobu rozváděčů a na jejich provozní podmínky. Dále byly popsány základní vzorce pro dimenzování silových a ochranných vodičů. Následovaly požadavky na chlazení skříní a postup distribuce skříně výrobcem k zákazníkovi.

V druhé části práce byly specifikovány všechny důležité podklady zadání projektu zákazníkem, které byly nezbytné k návrhu a výrobě rozváděče. Podklady zadání obsahovaly předpisy a normy, které jsem pro lepší přehlednost vložil do tabulek. Je zde specifikován projekt, popis zařízení, napěťová soustava i s hlavními přívody pro rozváděče RD01 a RD02 a jejich ovládání. Na konci jsou uvedeny předpoklady pro uvedení rozváděče do provozu, provoz rozváděče a jeho pravidelnou údržbu, dle řádu preventivní údržby.

V třetí části je popsána tvorba technické dokumentace v prostředí Eplan a popis programu.

Ve čtvrté části jsem se věnoval návrhu rozváděče a výpočtu některých z jeho technických parametrů. U návrhu rozváděče byla popsána součinnost s programy AutoCAD a Eplan. Byl popsán a graficky zobrazen návrh obou skříní s instalovanými prvky v prostředí AutoCAD. Ten poté bylo možné předat do úseku výroby a montáže.

K výpočtu parametrů jsem si vybral výpočet oteplení skříně v programu Rittal Therm. Byl zde vysvětlen konkrétní postup při výpočtu oteplení skříně RD01 s grafickým zobrazením. Při výstupu z programu bylo vidět, že není nutné přidávat dodatečně chlazení, jelikož ztrátové teplo je menší než teplo odevzdané plochou rozváděče. Ověření oteplení bylo v tomto případě jenom kontrolní, protože se skříň bude nacházet v klimatizovaném prostoru. Proto zadání mezních teplot bylo voleno takto nízké.

Dalším parametrem, který se u rozváděčů kontroluje, bývá zkouška či výpočet zkratové odolnosti rozváděče. V mém případě jsem tento výpočet neaplikoval, jelikož zkratová odolnost tohoto rozváděče není vyšší než 10kA a nebyla tedy dle normy nutná.

V posledním bodě téhle části jsem se věnoval ověření, zda jsou ke zvolenému motoru správně nadimenzovány přístroje sloužící ke spouštění a jištění. Zjistil jsem, že dle výpočtů v programu Sichr je vše v pořádku a není nutné je nahrazovat jinými přístroji či zvyšovat průřezy vodičů. Opět je zde popsáno zadávání parametrů do programu a vytvořen grafický manuál s implementací pro daný motorový vývod.

V páté části jsem se teoreticky věnoval zkouškám prováděných na rozváděčích NN. Zkoušky byly rozděleny do dvou podkapitol, kdy jedna řešila typové a druhá kusové zkoušení rozváděčů NN. Byly zde ve větším rozsahu popsány vybrané druhy zkoušek dle normy ČSN EN 61439-1 ed.2. [2] Taktéž jsem zde uvedl tabulky hodnot zkušebních napětí.

Poslední, šestá část této diplomové práce, byla věnována ekonomickému vyhodnocení projektu. Pro přehlednost byl proveden výpočet jen pro skříň RD01. První tabulka obsahovala kusovník prvků obvodu i s jejich cenou. Druhá tabulka náležela celkové ceně rozváděče včetně marže výrobce a ceny práce. V třetí tabulce jsem se snažil porovnat nejdražší přístroje ve srovnání s cenou jiných výrobců.

Lze vidět, že při správné volbě výrobce se dají ušetřit nemalé peníze, přičemž je nutné správně nacenit práci vzhledem k rychlosti práce montážníka a vhodně volit průřezy vodičů dle proudové zatížitelnosti. Ve výpočtu nebyla započítána cena za montáž rozváděče na místě.

Rozváděče, které byly zmiňovány v této diplomové práci, byly následně zkonstruovány, vyrobeny a úspěšně uvedeny do provozu.

# Bibliografie


[1] SLUKA, Jiří a Václav MACHÁČEK. Elektrika.cz. *Elektrika.info s.r.o.* 1998-2021. Dostupné také z: https://elektrika.cz/data/clanky/zakladni-definice-rozvadecu

[2] *ČSN EN 61439-1 ED. 2: Rozváděče nízkého napětí - Část 1: Všeobecná ustanovení*. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.

[3] LOJKÁSEK, Jan. *Rozváděče NN*. 18. Praha: STRO.M, 1994, .

[4] KOUDELKA, Ctirad. *Rozváděče a rozvodnice*. Ostrava, 2002. Dostupné také z: http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/FAST/rozvadece.pdf

[5] *ČSN EN 50102: Stupně ochrany poskytované kryty elektrických zařízení proti vnějším mechanickým nárazům*. Praha. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1997.

[6] SUCHÁNEK, Rostislav. *Energetika info*. 2011. Dostupné také z: https://www.energetikainfo.cz/33/csn-en-60439-1-ed-2-2000-overovani-shody-typove-zkousene-a-castecne-typove-zkousene-rozvadece-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EvD6cPpZTsNIof9BcCnrOZA/

[7] *ČSN EN 60529: Stupně ochrany krytem*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1993.

[8] Technické tabulky T22. *LappGroup* [online]. [cit. 2021-04-06]. Dostupné z: https://t3.lappcdn.com/fileadmin/catalog/cz_T_pdf/T22_Stupn%C4%9B%20kryt%C3%AD%20podle%20EN%2060529.pdf

[9] *ČSN 33 0165 ed. 2: Značení vodičů barvami a nebo číslicemi - Prováděcí ustanovení*. 2. 2014.

[10] *ČSN 33 0165 ed. 2: Značení vodičů barvami a nebo číslicemi - Prováděcí ustanovení*. 2. 1.4.2014: MEDIT Consult s. r. o., 2015, 20 s.

[11] *ČSN 33 2000-5-52: Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-52 Výběr a stavba elektrických zařízení - Elektrická vedení*. 2. 2012.

[12] MUDRUŇKOVÁ, Anna. *Elektroenergetika 1: Dimenzování vodičů a kabelů* [online]. 2016 [cit. 2021-04-20]. ISBN 978-80-88058-81-6. Dostupné z: https://publi.cz/books/260/03.html

[13] *ČSN 33 2000-5-54 ed. 3: Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-54: Výběr a stavba elektrických zařízení - Uzemnění a ochranné vodiče*. 3. 2012.

[14] *ČSN IEC 949: Výpočet dovolených tepelných zkratových proudů, který bere v úvahu neadiabatický ohřev*. 2001.

[15] Ochranné vodiče. *Elektro průmysl* [online]. [cit. 2021-04-06]. ISSN 2571-0761. Dostupné z: https://www.elektroprumysl.cz/elektroinstalace/ochranne-vodice

[16] *Technický katalog systému Ri4Power*. 2014, , 92 s. Dostupné také z: https://www.rittal.com/imf/none/5_1804/Rittal_Technick%C3%BD_katalog_syst%C3%A9mu_Ri4Power_5_1804/

[17] DUDEK, Jan. *Bezpečnost v elektrotechnice*. Ostrava, 2010. Dostupné také z: http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/FEI/bezpecnost/bezpecnost_v_elektrotechnice-ucebni_text.pdf. Učební text. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.

[18] *Mbest.cz: Tavná pojistka* [online]. [cit. 2021-04-06]. Dostupné z: http://www.mbest.cz/wp-content/uploads/2013/01/T-1.3-POJISTKA.pdf

[19] Požadavky pro návrh chlazení elektrických rozváděčů. *Proelektrotechniky.cz* [online]. [cit. 2021-04-06]. Dostupné z: http://www.proelektrotechniky.cz/vzdelavani/34.php

[20] Zařízení pro odvod ztrátového tepla z elektrických rozváděčů. *Proelektrotechniky.cz* [online]. [cit. 2021-04-06]. Dostupné z: http://www.proelektrotechniky.cz/vzdelavani/35.php

[21] *ČSN EN 50110-1 ed. 3: Obsluha a práce na elektrických zařízeních - Část 1: Obecné požadavky*. 3. 2015.

[22] *ČSN EN 61936-1: Elektrické instalace nad AC 1 kV - Část 1: Všeobecná pravidla*. 2011.

[23] *ČSN 33 2000-6 ed. 2: Elektrické instalace nízkého napětí - Část 6: Revize*. 2017.

[24] *ČSN 33 2000-4-41 ed. 3: Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem*. 3. 2018.

[25] *ČSN 33 2000-4-43 ed. 2: Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-43: Bezpečnost - Ochrana před nadproudy*. 2. 2010.

[26] *ČSN 33 1500: Elektrotechnické předpisy. Revize elektrických zařízení*. 1991.

[27] KOUPÝ, Leoš. *Měření při kusových zkouškách rozvaděčů* [online]. , 1-13 [cit. 2021-04-06]. Dostupné z: https://www.illko.cz/images/dokumenty/kz_rozvadec.pdf

[28] Návrh rozváděče nízkého napětí a postupy kusového ověřování. *Elektroprumysl.cz* [online]. [cit. 2021-04-06]. Dostupné z: https://www.elektroprumysl.cz/elektroinstalace/navrh-rozvadece-nizkeho-napeti-a-postupy-kusoveho-overovani

[29] Pokyny pro ověřování oteplení rozváděčů nízkého napětí. *ElektroPrůmysl.cz* [online]. [cit. 2021-04-06]. Dostupné z: https://www.elektroprumysl.cz/elektroinstalace/pokyny-pro-overovani-otepleni-rozvadecu-nizkeho-napeti

[30] Odolnost proti korozi. *Schrack.cz* [online]. [cit. 2021-04-06]. Dostupné z: https://www.schrack.cz/fileadmin/f/cz/Bilder/Ke_stazeni/Pro_projektanty/Schrack_NORM/BK080_NORM.pdf

[31] Konstrukční požadavky na rozváděče nn. *ElektroPrůmysl.cz* [online]. [cit. 2021-04-06]. Dostupné z: https://www.elektroprumysl.cz/elektroinstalace/konstrukcni-pozadavky-na-rozvadece-nn

# Seznam příloh